

# TRAITE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

## NOTIFICATION DE L'ENREGISTREMENT D'UN CHANGEMENT

(règle 92bis.1 et  
instruction administrative 422 du PCT)

Expéditeur: le BUREAU INTERNATIONAL

Destinataire:

BREVATOME  
03, rue du Docteur Lancereaux  
F-75008 Paris  
FRANCE

Date d'expédition (jour/mois/année) 01 décembre 1999 (01.12.99)	NOTIFICATION IMPORTANTE
Référence du dossier du déposant ou du mandataire B 12960.3 PV	
Demande internationale no PCT/FR99/01119	Date du dépôt international (jour/mois/année) 11 mai 1999 (11.05.99)

1. Les renseignements suivants étaient enregistrés en ce qui concerne:	
<input type="checkbox"/> le déposant	<input type="checkbox"/> l'inventeur <input checked="" type="checkbox"/> le mandataire <input type="checkbox"/> le représentant commun
Nom et adresse BREVATOME 25, rue de Ponthieu F-75008 Paris FRANCE	Nationalité (nom de l'Etat) Domicile (nom de l'Etat)
	no de téléphone 01 53 83 94 00
	no de télécopieur 01 45 63 83 33
	no de téléimprimeur
2. Le Bureau international notifie au déposant que le changement indiqué ci-après a été enregistré en ce qui concerne:	
<input type="checkbox"/> la personne <input type="checkbox"/> le nom <input checked="" type="checkbox"/> l'adresse <input type="checkbox"/> la nationalité <input type="checkbox"/> le domicile	
Nom et adresse BREVATOME 03, rue du Docteur Lancereaux F-75008 Paris FRANCE	Nationalité (nom de l'Etat) Domicile (nom de l'Etat)
	no de téléphone 01 53 83 94 00
	no de télécopieur 01 45 63 83 33
	no de téléimprimeur
3. Observations complémentaires, le cas échéant: <b>La nouvelle adresse du mandataire dans le formulaire de demande a été considérée par le Bureau international comme une requête en changement selon la règle 92bis. En cas de désaccord, le Bureau international doit en être avisé immédiatement.</b>	
4. Une copie de cette notification a été envoyée:	
<input checked="" type="checkbox"/> à l'office récepteur	<input type="checkbox"/> aux offices désignés concernés
<input type="checkbox"/> à l'administration chargée de la recherche internationale	<input checked="" type="checkbox"/> aux offices élus concernés
<input checked="" type="checkbox"/> à l'administration chargée de l'examen préliminaire international	<input type="checkbox"/> autre destinataire:

Bureau international de l'OMPI 34, chemin des Colombettes 1211 Genève 20, Suisse no de télécopieur (41-22) 740.14.35	Fonctionnaire autorisé: R. Raissi no de téléphone (41-22) 338.83.38
---	---



## TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

## NOTIFICATION D'ELECTION

(règle 61.2 du PCT)

Expéditeur: le BUREAU INTERNATIONAL

Destinataire:

Assistant Commissioner for Patents  
United States Patent and Trademark  
Office  
Box PCT  
Washington, D.C.20231  
ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

en sa qualité d'office élu

Date d'expédition (jour/mois/année) 01 décembre 1999 (01.12.99)	
Demande internationale no PCT/FR99/01119	Référence du dossier du déposant ou du mandataire B 12960.3 PV
Date du dépôt international (jour/mois/année) 11 mai 1999 (11.05.99)	Date de priorité (jour/mois/année) 12 mai 1998 (12.05.98)
Déposant FERDINAND, Pierre etc	

1. L'office désigné est avisé de son élection qui a été faite:

☒ dans la demande d'examen préliminaire international présentée à l'administration chargée de l'examen préliminaire international le:

08 novembre 1999 (08.11.99)

☐ dans une déclaration visant une élection ultérieure déposée auprès du Bureau international le:

2. L'élection ☒ a été faite

☐ n'a pas été faite

avant l'expiration d'un délai de 19 mois à compter de la date de priorité ou, lorsque la règle 32 s'applique, dans le délai visé à la règle 32.2b).

Bureau international de l'OMPI 34, chemin des Colombettes 1211 Genève 20, Suisse no de télécopieur: (41-22) 740.14.35	Fonctionnaire autorisé R. Raissi no de téléphone: (41-22) 338.83.38
--	---





# TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

## PCT

REC'D 28 AUG 2000

WIPO

PCT

### RAPPORT D'EXAMEN PRELIMINAIRE INTERNATIONAL

(article 36 et règle 70 du PCT)



Référence du dossier du déposant ou du mandataire B 12960.3 PV	<b>POUR SUITE A DONNER</b> voir la notification de transmission du rapport d'examen préliminaire international (formulaire PCT/IPEA/416)	
Demande internationale n° PCT/FR99/01119	Date du dépôt international (jour/mois/année) 11/05/1999	Date de priorité (jour/mois/année) 12/05/1998
Classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois classification nationale et CIB G02B6/16		
Déposant COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE et al.		

1. Le présent rapport d'examen préliminaire international, établi par l'administration chargée de l'examen préliminaire international, est transmis au déposant conformément à l'article 36.
2. Ce RAPPORT comprend 17 feuilles, y compris la présente feuille de couverture.
  - ☒ Il est accompagné d'ANNEXES, c'est-à-dire de feuilles de la description, des revendications ou des dessins qui ont été modifiées et qui servent de base au présent rapport ou de feuilles contenant des rectifications faites auprès de l'administration chargée de l'examen préliminaire international (voir la règle 70.16 et l'instruction 607 des Instructions administratives du PCT).

Ces annexes comprennent 1 feuilles.

3. Le présent rapport contient des indications relatives aux points suivants:

- I ☒ Base du rapport
- II ☐ Priorité
- III ☐ Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
- IV ☒ Absence d'unité de l'invention
- V ☒ Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration
- VI ☐ Certains documents cités
- VII ☒ Irrégularités dans la demande internationale
- VIII ☒ Observations relatives à la demande internationale

Date de présentation de la demande d'examen préliminaire internationale 08/11/1999	Date d'achèvement du présent rapport 24.08.2000
Nom et adresse postale de l'administration chargée de l'examen préliminaire international:  Office européen des brevets D-80298 Munich Tél. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Fonctionnaire autorisé Tissot, L N° de téléphone +49 89 2399 2586 



## PATENT COOPERATION TREATY

## PCT

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference B 12960.3 PV	<b>FOR FURTHER ACTION</b> See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/FR99/01119	International filing date (day/month/year) 11 May 1999 (11.05.99)	Priority date (day/month/year) 12 May 1998 (12.05.98)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC G02B 6/16		
Applicant COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.

2. This REPORT consists of a total of 17 sheets, including this cover sheet.

☒ This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consist of a total of 1 sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I ☒ Basis of the report
- II ☐ Priority
- III ☐ Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV ☒ Lack of unity of invention
- V ☒ Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI ☐ Certain documents cited
- VII ☒ Certain defects in the international application
- VIII ☒ Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 08 November 1999 (08.11.99)	Date of completion of this report 24 August 2000 (24.08.2000)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.



# INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/FR99/01119

## I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of *(Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.)*:

- ☐ the international application as originally filed.
- ☒ the description, pages 1-45, as originally filed,  
 pages \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
 pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,  
 pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.
- ☒ the claims, Nos. 2-12, as originally filed,  
 Nos. \_\_\_\_\_, as amended under Article 19,  
 Nos. \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
 Nos. 1, filed with the letter of 30 June 2000 (30.06.2000),  
 Nos. \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.
- ☒ the drawings, sheets/fig 1/6-6/6, as originally filed,  
 sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
 sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,  
 sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages \_\_\_\_\_
- ☐ the claims, Nos. \_\_\_\_\_
- ☐ the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_

3. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:



# INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/FR99/01119

## IV. Lack of unity of invention

1. In response to the invitation to restrict or pay additional fees the applicant has:

- ☐ restricted the claims.
- ☐ paid additional fees.
- ☐ paid additional fees under protest.
- ☐ neither restricted nor paid additional fees.

2. ☒ This Authority found that the requirement of unity of invention is not complied with and chose, according to Rule 68.1, not to invite the applicant to restrict or pay additional fees.

3. This Authority considers that the requirement of unity of invention in accordance with Rules 13.1, 13.2 and 13.3 is

- ☐ complied with.
- ☒ not complied with for the following reasons:

**See separate sheet.**

4. Consequently, the following parts of the international application were the subject of international preliminary examination in establishing this report:

- ☒ all parts.
- ☐ the parts relating to claims Nos. \_\_\_\_\_





# INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/FR 99/01119

## Supplemental Box

(To be used when the space in any of the preceding boxes is not sufficient)

Continuation of: IV

The present independent product claims 8 to 11 (as well as the present dependent claim 12), interpreted as indicated below in Box VIII, point 3, and therefore not limited to the products obtained exclusively by the manufacturing method according to claim 1, should be considered as not being so linked to each other and/or to the present method or device claims 1 to 7 that they form a single general inventive concept. Therefore, they do not meet the requirements of PCT Rules 13.1 and 68 regarding unity of invention.



**V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement****1. Statement**

Novelty (N)	Claims	1-7	YES
	Claims	8-12	NO
Inventive step (IS)	Claims	4	YES
	Claims	1-3, 5-7	NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-12	YES
	Claims		NO

**2. Citations and explanations**

1. The documents (D) cited in the international search report will be referred to as D1 to D8 throughout the procedure. This numbering corresponds to the order in which the documents are cited in said report.

Furthermore, the additional documents D9 to D12 are also considered relevant and are therefore included in the procedure by the Examiner:

D9: Electronics Letters, vol. 30, no. 16, August 1994, pages 1344-1345

D10: Electronics Letters, vol. 31, no. 12, June 1995, pages 969-970

D11: Electronics Letters, vol. 30, no. 23, November 1994, pages 1977-1978 (cited in the present application)

D12: Journal Optical Society America A, vol. 12, no. 8, August 1995, pages 1687-1694 (cited in the present application)



2. The subject matter of the present independent method claim 1 does not appear to involve an inventive step (PCT Article 33(3)) in view of either document D1 (EP-A-0 188 919) or D3 (US-A-4 792 197) combined with the general knowledge of a person skilled in the art.
- 2.1 D1 discloses (cf. in particular figures 1-II and 2 to 5 and the related description, as well as the Title and Abstract, and page 3, lines 24-30) a method for forming, in a transparent substrate serving as an optical waveguide, a Bragg grating forming a spectral filter for a light wave which passes through it [cf. the Title and Abstract as well as the semiconductor substrate 1', and the Bragg grating 3' in figure 1-II, or the semiconductor substrate 6 in figures 2 and 5 and the Bragg grating 15 in figure 5-III; said semiconductor substrate 1' provided with its Bragg grating 3', or the substrate 6 provided with its grating 15, is designed to be part of a distributed-feedback semiconductor laser (cf. page 3, lines 24-30), acting as an optical waveguide therein, as is well known], which has the following various features:
- the interference figure between two coherent light beams (10-4, 10-5), offset at an angle and having the same wavelength, is transferred by photolithography (cf. figures 2 and 5) into the substrate (6), said interference figure being transferred in the substrate (6) in the form (cf. figure 5-III) of a modulation of the thickness of said substrate [cf. in figure 5, the substrate 6 covered with a layer of photoresist 11 in which the interference figure is first formed between the two beams 10-4 and 10-5; said interference figure is



then transferred into the actual substrate in the form of a modulation of the thickness 15 of the substrate, by developing photoresist 11 and chemical etching]; and

- at least one (10-4) of said light beams is divided into at least two sub-beams by means of a phase plate causing a phase shift of one of the sub-beams relative to the other, capable of generating a corresponding phase shift in the Bragg grating [cf. in figures 2 and 3, the transparent plate 7 inserted across the beam 10-4; said plate 7 is characterized by a phase jump  $\Delta d$  between the two portions 7a and 7b which causes a corresponding phase jump 13 (cf. figures 4 and 5) in the interference figure transferred onto the substrate].

Ultimately, the formation method, which is the subject matter of the present claim 1, therefore differs from the above-cited prior art only by the following two features:

(a) the fact that the interference figure between said light beams, offset at an angle, is transferred directly into the substrate by means of a photosensitivity effect used within the substrate itself, in the form of a refractive index modulation of said substrate, instead of being transferred thereto indirectly by photolithography, in the form of a modulation of the thickness of said substrate as in D1; and

(b) the fact that the position and orientation of said phase plate can be adjusted (whereas D1 gives no explicit information on this point).

However, regarding difference (a) above, for several





years now, it has been well known to a person skilled in the art of Bragg grating formation in optical waveguides that such Bragg gratings can be directly formed in said waveguides by a photosensitivity or photorefractive effect within said waveguides, in the form of a refractive index modulation of said waveguides, and can be indirectly formed by photolithography, in the form of a modulation of the thickness of said optical waveguides (the latter technique using photolithography is older than the first technique mentioned above). [See for example D2 (US-A-5 629 998): in particular the abstract), or D5 (EP-A-0 604 039: in particular the abstract), or D6 (WO97/44692: also the abstract), or D8 (WO97/22023: also the abstract), or D9 to D11]

Therefore, it appears quite obvious for a person skilled in the art, wishing to implement a more recent formation technique in the method according to D1, to decide to replace the relatively old technique of photolithographic formation of the interference figure, as implemented in D1, with the more recent technique of photorefractive formation within the waveguide, thereby arriving at the method such as the one according to the present claim 1, not including difference (b).

Regarding said difference (b), it is not certain that it is a real difference, even though D1 gives no explicit indication on this point. Indeed, it is clear that the phase plate according to D1 at least needs to be arranged in the correct position before starting the formation process, and particularly needs to be oriented orthogonally to the axis of the



beam that must pass through it and to have its index jump arranged in the desired location in relation to said axis in order to generate a phase shift corresponding to the desired location in the Bragg grating (for example, exactly in the middle of said grating). Therefore, it is implicit that in D1, the position and orientation of the phase plate must also be adjustable.

Even if it were assumed, for the sake of completeness, that the adjustability of the position and orientation of the phase plate is in fact a novel feature over D1, such a feature would have to be considered quite obvious anyway, since it appears completely trivial and straightforward for a person skilled in the art wishing to implement the formation method according to D1, to adjust the position and orientation of the phase plate at least before starting said method, as indicated above, in order to position said plate such that the desired Bragg grating is obtained.

Said adjustability of the position and orientation of said phase plate is a useless feature within the framework of the present claim 1. That is to say, it is incapable of producing any technical effect, since the method as defined in claim 1 does not specify any step for adjusting said plate during the formation process. A feature which is in no way essential obviously cannot be considered to confer an inventive step to a claim.

- 2.2 D3 also discloses (cf. in particular figures 2, 4 and 5 and the related description, as well as column 2, lines 43-48) a method for forming, in an optical transparent substrate acting as a waveguide, a Bragg grating forming a spectral filter for a light wave



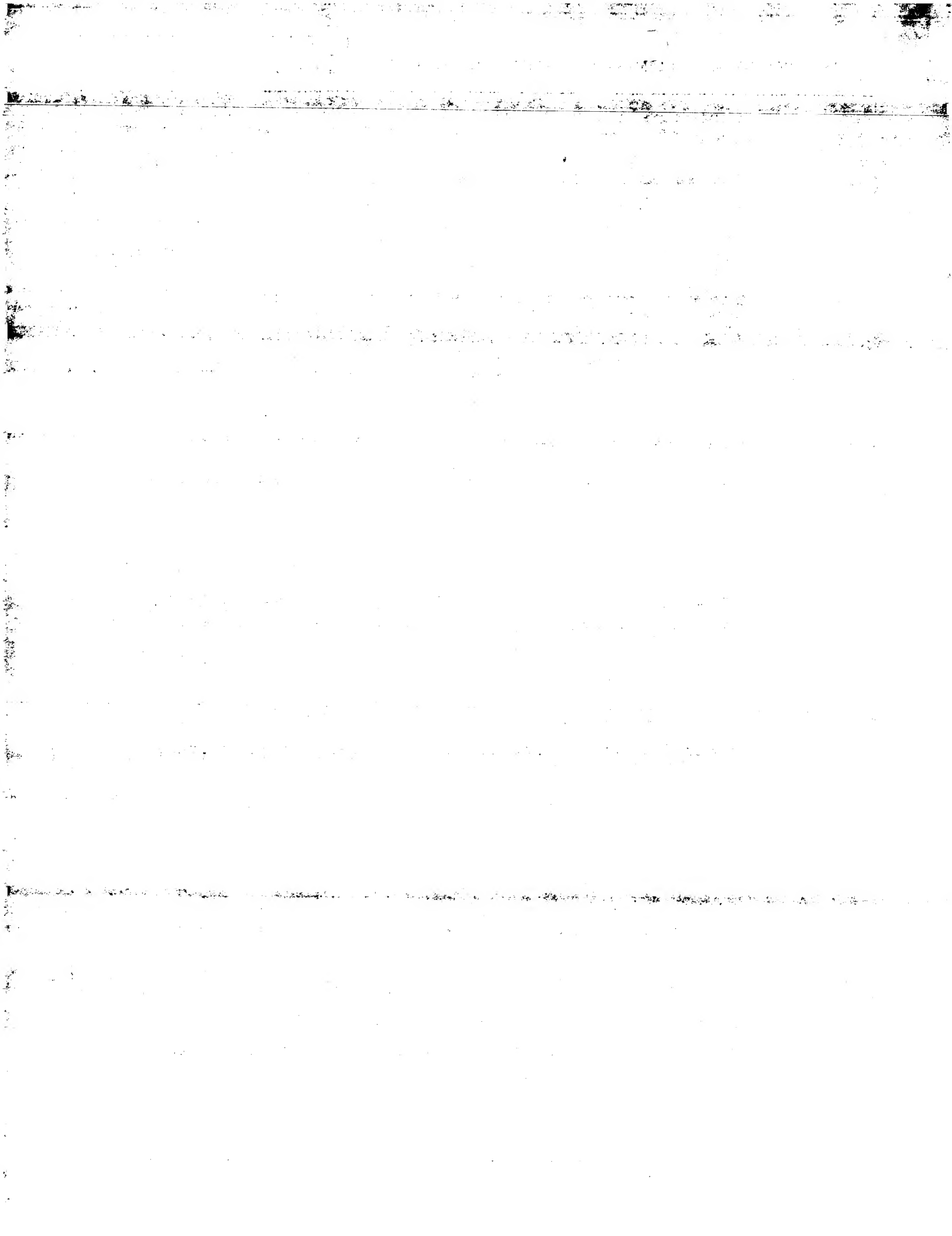
which passes through it, which also has all the features of said claim 1, with the exception of the feature wherein the interference figure is transferred between said two light beams, offset at an angle, directly into the substrate by means of a photosensitivity effect used within said substrate itself, in the form of a refractive index modulation of said substrate, as well as possibly by means of the feature wherein the position and orientation of the phase plate is adjustable [cf. the transfer (cf. figure 4) of the interference figure onto the substrate (142) between the two coherent light beams, emitted and reflected, respectively, by the separator 12, said light beams being offset at an angle and having the same wavelength; and the division of at least one of said light beams into at least two sub-beams by means of a phase plate causing a phase shift of one of the sub-beams in relation to the other, which is capable of generating a corresponding phase shift in the Bragg grating (cf. column 2, lines 43-48; cf. also in figures 4 and 5, the transparent plate 22, 24 inserted across said beam, said plate 22, 24 being characterized by a phase jump; cf. the layer 25 which only extends on the left half of the plate 24, which is capable of causing a corresponding phase jump in the interference figure transferred onto the substrate). Moreover, in D1, the interference figure is indirectly transferred into the substrate by photolithography, in the form of a modulation in the thickness of said substrate (cf. figure 2)].

The formation method according to claim 1 therefore also appears obvious in light of D3, for the same reasons as already indicated above in point 2.1



regarding D1.

- 2.3 Any assertion to the effect that a person skilled in the art would not be led to combine the documents relating to the two-step formation of Bragg gratings in a substrate using a photolithographic technique (that is, a formation carried out indirectly by transferring an interference figure in a photoresist deposited on the substrate followed by a chemical etching of the photoresist) with the documents relating to the one-step formation of Bragg gratings in a substrate using a photosensitivity mechanism of said substrate (that is, formation by directly transferring the interference figure into a photosensitive substrate) should be considered unacceptable. The two above-cited techniques are indeed very similar since not only do they both relate to the manufacturing of the same type of product (namely a Bragg grating in an optical waveguide), but also and especially because they both implement *one essential step, which is identical in each case, i.e., a step for generating an appropriate interference figure* (the only difference between the two methods is the direct or indirect transfer of said interference figure into the substrate). Therefore, a person skilled in the art cannot avoid being directly prompted to apply a particularly interesting aspect already known from one of the two techniques to another technique, and in particular, to transfer a particularly interesting aspect already known from the oldest photolithographic technique (such as causing a phase shift in a Bragg grating by inserting a phase plate into one of the two interfering beams) to the other, more recent technique, which directly exploits the





photosensitivity of the substrate.

3. The subject matter of the present dependent claims 2 and 3 also does not appear to involve an inventive step.

The features of claim 2 are also known from D1 or D3.

The features of claim 3 are known from D2 (cf. the separation of the wavefront by means of the Lloyd mirror 14 in the figure), or from D4 (EP-A-0 552 028; cf. the separation of the wavefront by means of the prism 44 in figure 1).

4. A new independent method claim 1, which would include the features of the present dependent claim 4 in combination with the features of the present claim 1, and assuming that it was suitably clarified and properly delimited over the closest prior art (cf. Box VII below, point 1, as well as Box VIII, point 1), would probably be considered to involve an inventive step in light of the cited prior art, since none of the cited documents appears to disclose or suggest the idea of adjusting the position and/or orientation of the phase plate during the projection of the interference figure onto the substrate in order to cause a corresponding modification of the position and/or value of said phase shift of one of said sub-beams relative to the other during said projection, with the aim of generating a desired index variation profile in the formed Bragg grating.

5. The subject matter of the present independent device



claim 5 also does not appear to involve an inventive step (PCT Article 33(3)) in light of any one of documents D1 (EP-A-0 188 919) or D3 (US-A-4 792 197) combined with the general knowledge of a person skilled in the art, for the same reasons as those already discussed in point 2 above regarding the method. [What can still appear inventive in light of the cited prior art, as indicated above in point 4, is indeed not simply the adjustability of the position and orientation of the phase plate (which seems to be quite obvious, since any implementation of the method almost inevitably requires such an adjustment at least before said method is started), but the actual adjustment of said phase plate during the projection of the interference figure onto the substrate; said actual adjustment during a specific period can, in theory, only be specified as part of a method, not a device.]

6. The subject matter of the present dependent claims 6 and 7 also does not appear to involve an inventive step, for the same reasons as those indicated above in point 3 regarding dependent method claims 2 and 3.
7. The subject matter of the present independent product claim 8, interpreted as indicated below in Box VIII, point 3, appears to lack novelty (PCT Article 33(2)).

The finished product, as such, to which claim 8 in fact relates [that is, such as it is inevitably interpreted, from a structural point of view, once the various features of the manufacturing method as mentioned in claim 8 have been entirely



implemented], can indeed be structurally defined as simply comprising a Bragg grating with phase jump and high spectral selectivity, formed within the actual transparent substrate acting as an optical waveguide, in the form of a refractive index modulation of said substrate; said modulation has a predetermined phase shift, advantageously equal to  $\pi$ .

However, such a product is already well known from the prior art. [cf. as an example D9 (cf. in particular the title and abstract, as well as the paragraph "Experiment" at the top of page 1345), or D10 (cf. in particular the abstract, as well as lines 1 to 3 in the right-hand column of page 969), or D11 (cf. in particular page 1978, at the top of the left-hand column)]

8. The subject matter of the present product claim 9, interpreted as indicated below in Box VIII, point 3, also appears to be deprived of novelty.

The finished product, as such, to which claim 9 in fact relates, can indeed be structurally defined as simply comprising a substrate forming an optical waveguide without any Bragg grating (when the two, overlapping gratings in opposite phases cancel each other completely), or simply provided with a single Bragg grating having a shallow refractive index modulation (when the two, overlapping gratings in opposite phases only partially cancel each other). Such optical waveguide-forming substrates, without any Bragg grating or simply provided with a single Bragg grating having a shallow index modulation, are obviously already well known from the prior art.



9. The subject matter of the present independent product claim 10, interpreted as indicated below in Box VIII, point 3, also appears to be deprived of novelty.

The finished product, as such, to which claim 10 in fact relates, can indeed be structurally defined as simply comprising a Fabry-Pérot cavity delimited by two Bragg gratings spaced apart and formed within the actual transparent substrate acting as an optical waveguide, in the form of a refractive index modulation of said substrate.

However, such a product is also already well known from the prior art. [cf. as an example D12 (cf. in particular the title and abstract, as well as the paragraph "Experimental methodology and results" on pages 1687 and 1688)]

10. The subject matter of the present independent product claim 11 and the present dependent claim 12, interpreted as indicated below in Box VIII, point 3, also appears to be deprived of novelty.

The finished product, as such, to which claims 11 and 12 relate, can indeed be structurally defined as simply comprising a Bragg grating with a predetermined index modulation envelope, namely an apodized Bragg grating formed within the actual transparent substrate acting as an optical waveguide, in the form of two envelopping refractive index modulations having portions in opposite phases.

However, such a product is already well known from the prior art. [cf. as an example D8 (WO97/22023:





cf. in particular the abstract, as well as figure 11 and the related description)]

11. Even if the Applicant were able to show that the products, as such, to which claims 8 to 12 relate, are structurally different from the products known from the various documents, such as the ones mentioned above, such products would still have to be considered totally obvious in light of the cited prior art, given that such possible structural differences would appear to relate only to *simple variations of detail, which are unable to lead to any significant difference as to the effect achieved* compared with the effect already achieved in the known documents.



**VII. Certain defects in the international application**

The following defects in the form or contents of the international application have been noted:

1. The present independent claims have not been properly delimited over the closest prior art (PCT Rule 6.3(b)), which is liable to correspond to the prior art on which the preamble of the present claim 1 is based (namely, any document relating to the direct formation of Bragg gratings in optical waveguides by a phenomenon of photosensitivity or photorefractive effect within said waveguides themselves, in the form of a refractive index modulation of said guides), or alternatively to D1 or D3 (cf. the analysis in Box V above).
2. Moreover, the introductory portion of the description is not consistent (PCT Rule 5.1(a)(ii) and (iii)) with the wording of the present independent claims and makes no mention of relevant documents D1 and D3, as well as D8 to D10, nor does it comment on the relevant subject matter thereof (cf. the remarks in Box V above).



## VIII. Certain observations on the international application

The following observations on the clarity of the claims, description, and drawings or on the question whether the claims are fully supported by the description, are made:

The present set of claims 1 to 12 does not meet the clarity requirements of PCT Article 6 for numerous reasons, namely the following:

1. In dependent claim 4, the expression "over time" is too vague and should be replaced with a more specific expression consistent with the description, such as "while said substrates are exposed to said interfering beams".

The aim of the modification, during said exposition, of the position and/or value of said phase shift, as specified in claim 4, also should have been mentioned in said claim.

The wording of claim 4 should have been adapted to that of amended claim 1, by specifying in particular that the positive step implemented in claim 4 is not directly said modification of the position and/or value of the phase shift of one of the sub-beams relative to the other, but the *adjustment* (during the projection of the interference figure onto the substrate) *of the position and/or orientation of the phase plate*, in order to cause said corresponding modification of the position and/or value of said phase shift (with the aim of generating a desired index variation in the formed Bragg grating).

2. Independent device claim 5 fails to mention the generic means (essential for making the desired gratings) for forming the two beams, offset at an angle, which generate the required interference figure. Claim 5 also does not specify the essential



## VIII. Certain observations on the international application

feature according to which the phase plate is designed to be inserted into the trajectory of one of said interfering beams.

3. Product claims 8 to 12:

- 3.1 Independent claims 8 to 11, as well as dependent claim 12, cast serious doubt on the category to which they belong (cf. PCT Guidelines, Chap. III, 4.1). Although claims 8 to 12 relate, in theory, to products [namely "Bragg grating with phase jump and high spectral selectivity" in claim 8, "Bragg grating" in claim 9, "Fabry-Pérot cavity delimited by two spaced-apart Bragg gratings" in claim 10, and "Bragg grating with predetermined index modulation envelope" in claims 11 and 12, respectively], they actually define the Bragg gratings which constitute said products not in terms of the structural features of said Bragg gratings, but essentially and almost entirely in terms of the features of the method for manufacturing said Bragg gratings. Said features of the manufacturing method are practically invisible on said product once it is completely manufactured [cf. the expression "(grating) obtained by the method according to claim 1" as used in each of independent claims 8 to 11; or the additional expression "the phase shift of the two sub-beams being advantageously equal to  $n$ " in claim 9; or the additional expression "by successive formations of two gratings..., the over-formation ... occurring at variable times, for a variable positioning of the phase shift and for a variable value of the latter" in claim 11; as well as the additional expression





## VIII. Certain observations on the international application

"the position of the phase shift being moved via programmable movement" in claim 12].

In this connection, it should be noted that, according to standard examination practice, a product should be defined as far as possible by its structural features, in order to avoid any lack of clarity. The additional characterization of a product (or of one of its components) in terms of its manufacturing method is optionally acceptable only to provide a clear and indirect definition of those structural features of said product which would be difficult to adequately specify as such, which does not appear to be the case in the present application (cf. for example Box V above, points 7 to 10, which show that said gratings can be defined in terms of structural features). The features in question relating to the manufacturing method should therefore be deleted from said product claims and replaced with the mention of the various structural features which are inevitably the result of the implementation of the method in question (the exact scope of protection conferred by a product claim can, moreover, be ascertained more clearly when said product is defined directly in terms of its structural features than when it is only defined indirectly in terms of its manufacturing method).

- 3.2 Claims 8 to 12 should be interpreted as claims relating to the product as such anyway (that is, even if the product to which they relate is defined in part or completely in terms of the manufacturing method). This means, in particular, that said features relating to the manufacturing method are



## VIII. Certain observations on the international application

limiting only to the extent that they contribute to an indirect definition of the structural features. In other words, said manufacturing method features do not specifically limit the scope of the claimed product to only those products manufactured using the method mentioned. On the contrary, the scope of such claims also extends to the products that are manufactured using any other method, as long as these other methods lead to the same structural result [one of the consequences of such an interpretation is that the claimed product can be anticipated by any prior product having the same structural features, even if such a prior product is manufactured using a different method (provided, however, that said different method leads to the same structural features for the finished product)].

3.3 Furthermore, the product according to claim 9 cannot be obtained by implementing the method according to claim 1, contrary to what is presently specified, given that the total or partial erasing of the previously-formed grating requires, according to the description, the formation thereon of a grating dephased by  $\pi$  along its entire length, and therefore a phase shift of the totality of one of the two interfering beams (by means of a uniform phase plate), and not a phase shift of only a portion of one of the two interfering beams (by means of a phase jump plate) as specified in claim 1.

3.4 Independent product claims 9 and 11, which each relate to a specific product [namely the (total or partial) erasing of a previously-formed Bragg



**VIII. Certain observations on the international application**

grating, a Fabry-Perot cavity delimited by two spaced-apart Bragg gratings, or a Bragg grating with predetermined index modulation envelope, respectively], should have at least been changed to method claims for manufacturing such specific products, and should have specified all the essential features of the method (cf. the corresponding description, pages 27-40) that would enable said specific products to be obtained (this is not valid for product claim 8 which, if changed to a method claim, would inevitably lead to the present claim 1, considered obvious above).

Such claims, if changed into method claims, would, however, have possibly been considered as not being so linked to each other and/or to the preceding method or device claims that they form a single general inventive concept (without necessarily calling into question their novelty or inventive step). In such a case, an objection regarding unity of invention (PCT Rules 13.1 and 68) could be raised for said claims.



**RAPPORT D'EXAMEN  
PRELIMINAIRE INTERNATIONAL**

Demande internationale n° PCT/FR99/01119

**I. Base du rapport**

1. Ce rapport a été rédigé sur la base des éléments ci-après (*les feuilles de remplacement qui ont été remises à l'office récepteur en réponse à une invitation faite conformément à l'article 14 sont considérées, dans le présent rapport, comme "initialement déposées" et ne sont pas jointes en annexe au rapport puisqu'elles ne contiennent pas de modifications.*) :

**Description, pages:**

1-45                      version initiale

**Revendications, N°:**

2-12                      version initiale

1                          reçue(s) le                      30/06/2000    avec la lettre du                      30/06/2000

**Dessins, feuilles:**

1/6-6/6                      version initiale

2. Les modifications ont entraîné l'annulation :

- ☐ de la description,      pages :  
☐ des revendications,    n°s :  
☐ des dessins,              feuilles :

3. ☐ Le présent rapport a été formulé abstraction faite (de certaines) des modifications, qui ont été considérées comme allant au-delà de l'exposé de l'invention tel qu'il a été déposé, comme il est indiqué ci-après (règle 70.2(c)) :

4. Observations complémentaires, le cas échéant :

**IV. Absence d'unité de l'invention**

1. En réponse à l'invitation à limiter les revendications ou à payer des taxes additionnelles, le déposant a

- ☐ limité les revendications.  
☐ payé des taxes additionnelles.





**RAPPORT D'EXAMEN  
PRELIMINAIRE INTERNATIONAL**

Demande internationale n° PCT/FR99/01119

☐ payé des taxes additionnelles sous réserve.

☐ ni limité les revendications ni payé des taxes additionnelles.

2. ☒ L'administration chargée de l'examen préliminaire international estime qu'il n'est pas satisfait à l'exigence d'unité d'invention et décide, conformément à la règle 68.1, de ne pas inviter le déposant à limiter les revendications ou à payer des taxes additionnelles.

3. L'administration chargée de l'examen préliminaire international estime que, aux termes des règles 13.1, 13.2 et 13.3,

☐ il est satisfait à l'exigence d'unité de l'invention.

☒ il n'est pas satisfait à l'exigence d'unité de l'invention, et ce pour les raisons suivantes :

**voir feuille séparée**

4. En conséquence, les parties suivantes de la demande internationale ont fait l'objet d'un examen préliminaire international lors de la formulation du présent rapport :

☒ toutes les parties de la demande.

☐ les parties relatives aux revendications n°s .

**V. Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration**

**1. Déclaration**

Nouveauté	Oui :	Revendications	1-7
	Non :	Revendications	8-12
Activité inventive	Oui :	Revendications	4
	Non :	Revendications	1-3,5-7
Possibilité d'application industrielle	Oui :	Revendications	1-12
	Non :	Revendications	

**2. Citations et explications**

**voir feuille séparée**

**VII. Irrégularités dans la demande internationale**

Les irrégularités suivantes, concernant la forme ou le contenu de la demande internationale, ont été constatées :

**voir feuille séparée**



**RAPPORT D'EXAMEN  
PRELIMINAIRE INTERNATIONAL**

Demande internationale n° PCT/FR99/01119

---

**VIII. Observations relatives à la demande internationale**

Les observations suivantes sont faites au sujet de la clarté des revendications, de la description et des dessins et de la question de savoir si les revendications se fondent entièrement sur la description :

**voir feuille séparée**



Concernant la Section IV

Les présentes revendications indépendantes de produit 8 à 11 (ainsi que la présente revendication dépendante 12), interprétées comme indiqué à la Section VIII, point 3 ci-après et donc non restreintes à des produits obtenus exclusivement par le procédé de fabrication selon la revendication 1, doivent être considérées comme n'étant pas liées entre elles et/ou avec les présentes revendications de procédé ou d'appareil 1 à 7 de façon à former un concept inventif général unique, de sorte qu'elles ne satisfont pas aux exigences d'unité d'invention telles que requises par les Règles 13.1 et 68 PCT.

Concernant la Section V

1. Les documents (D) cités dans le rapport de recherche internationale seront dénommés D1 à D8 dans toute la suite de la procédure, la numérotation adoptée correspondant à l'ordre suivant lequel ils sont cités dans ce rapport.

Par ailleurs, les documents supplémentaires D9 à D12 suivants sont également considérés comme pertinents et donc introduits par l'Examineur dans la procédure:

-D9: Electronics Letters, Vol.30, No.16, Aout 1994, pages 1344-1345

-D10: Electronics Letters, Vol.31, No.12, Juin 1995, pages 969-970

-D11: Electronics Letters, Vol.30, No.23, Novembre 1994, pages 1977-1978 (cité dans la présente demande)

-D12: Journal Optical Society America A, Vol.12, No.8, Août 1995, pages 1687-1694 (cité dans la présente demande)

2. L'objet de la présente revendication indépendante de procédé 1 apparaît dépourvu d'activité inventive (Art. 33(3) PCT) au vu de l'un quelconque des documents D1 (EP-A-0 188 919) ou D3 (US-A-4 792 197) combiné avec les connaissances



générales de l'homme du métier.

- 2.1 D1 divulgue (cf. en particulier les Fig. 1-II et 2 à 5 et description associée; ainsi que le Titre et l'Abstract; et page 3, lignes 24-30) un procédé d'inscription, dans un substrat transparent formant guide de lumière, d'un réseau de Bragg formant un filtre spectral vis-à-vis d'une onde lumineuse qui le traverse [cf. le Titre et l'Abstract; ainsi que le substrat semiconducteur 1' et le réseau de Bragg 3' sur la Fig. 1-II; ou le substrat semiconducteur 6 sur les Fig. 2 et 5 et le réseau de Bragg 15 sur la Fig. 5-III; lequel substrat semiconducteur 1' pourvu de son réseau de Bragg 3', ou substrat 6 pourvu de son réseau 15, est destiné à faire partie d'un laser semi-conducteur à contre-réaction répartie (cf. page 3, lignes 24-30), en y formant guide de lumière ainsi qu'il est bien connu], qui présente les différentes caractéristiques suivantes:

-on transfère dans le substrat (6), par photolithographie (cf. Fig. 2 et 5), la figure des interférences entre deux faisceaux lumineux (10-4, 10-5) angulairement décalés, de même longueur d'onde et cohérents, cette figure d'interférences étant transférée dans le substrat (6) sous la forme (cf. Fig. 5-III) d'une modulation d'épaisseur de ce substrat [cf. à la Fig. 5 le substrat 6 recouvert d'une couche de photorésist 11 dans laquelle est tout d'abord inscrite la figure des interférences entre les deux faisceaux 10-4 et 10-5; laquelle figure d'interférences est ensuite transférée dans le substrat proprement dit sous la forme d'une modulation d'épaisseur 15 du substrat, par développement du photorésist 11 et attaque chimique]; et

-on divise au moins l'un (10-4) desdits faisceaux lumineux en au moins deux sous-faisceaux au moyen d'une lame de phase induisant un décalage de phase de l'un des sous-faisceaux par rapport à l'autre, apte à générer un décalage de phase correspondant dans le réseau de Bragg [cf. sur les Fig. 2 et 3 la lame transparente 7 insérée au travers du faisceau 10-4; laquelle lame 7 présente un saut de phase  $\Delta d$  entre les deux portions 7a et 7b de façon à provoquer un saut de phase correspondant 13 (cf. Fig. 4 et 5) dans la figure d'interférences transférée sur le substrat].

Le procédé d'inscription, objet de la présente revendication 1, ne se différencie donc en définitive de l'état de la technique ci-dessus que par les deux seules caractéristiques suivantes:





- a) le fait que la figure des interférences entre lesdits deux faisceaux lumineux angulairement décalés est transférée directement dans le substrat, par un phénomène de photosensibilité utilisé au sein même dudit substrat, sous la forme d'une modulation d'indice de réfraction de ce substrat, au lieu d'y être transférée indirectement, par photolithographie, sous la forme d'une modulation en épaisseur de ce substrat comme dans D1; et
- b) le fait que ladite lame de phase est ajustable en position et orientation (alors que D1 ne donne aucune indication explicite sur ce point).

Cependant, concernant la différence a) ci-dessus, il est, depuis maintenant quelques années, bien connu de l'homme du métier spécialiste de l'inscription de réseaux de Bragg dans les guides d'ondes optiques qu'on peut inscrire directement de tels réseaux de Bragg dans ces guides, par un phénomène de photosensibilité ou effet photoréfractif au sein même desdits guides, sous la forme d'une modulation d'indice de réfraction de ces guides; aussi bien qu'indirectement, par photolithographie, sous la forme d'une modulation en épaisseur de ces guides d'ondes optiques (cette dernière technique par photolithographie étant plus ancienne que la première mentionnée ci-dessus). Cf. ainsi, à titre d'exemple, D2 (US-A-5 629 998: cf. en particulier l'Abstract); ou D5 (EP-A-0 604 039: cf. en particulier l'Abstract); ou D6 (WO97/44692: cf. également l'Abstract); ou D8 (WO97/22023: cf. également l'Abstract); ou D9 à D11.

Il apparait en conséquence totalement évident pour l'homme du métier, qui désirerait mettre en oeuvre une technique d'inscription plus récente dans le procédé selon D1, de décider de remplacer la technique déjà relativement ancienne d'inscription photolithographique de la figure d'interférences telle que mise en oeuvre dans D1 par la technique plus récente d'inscription par effet photoréfractif au sein même du guide, aboutissant ainsi à un procédé conforme à celui selon la présente revendication 1, hormis la dernière différence b).

Concernant cette dernière différence b), il n'est tout d'abord pas certain qu'il s'agisse là d'une réelle différence, bien que D1 ne donne aucune indication explicite sur ce point. Il est en effet clair que la lame de phase selon D1 demande à tout le moins à être disposée en position correcte préalablement au démarrage du processus d'inscription, et notamment, à être orientée orthogonalement à l'axe du faisceau qui doit la traverser et à avoir son saut d'indice disposé à l'endroit voulu



par rapport audit axe de façon à générer un décalage de phase correspondant à l'endroit voulu dans le réseau de Bragg (par exemple, exactement au milieu de ce dernier); de sorte qu'il est implicite dans D1 que la lame de phase doit être également ajustable en position et orientation.

Et même si l'on supposait, de façon à être exhaustif, que l'ajustabilité en position et orientation de la lame de phase constitue en fait une caractéristique qui resterait nouvelle par rapport à D1, une telle caractéristique devrait alors de toutes façons être considérée comme apparaissant totalement évidente, étant donné qu'il apparaît complètement trivial et immédiat pour l'homme du métier désirent mettre en oeuvre le procédé d'inscription selon D1 d'ajuster la lame de phase en position et en orientation au moins préalablement au démarrage dudit procédé, ainsi que déjà indiqué ci-dessus, de façon à placer cette lame dans la position apte à donner le réseau de Bragg désiré.

Ladite ajustabilité en position et orientation de ladite lame de phase constitue enfin, dans le cadre de la présente revendication 1, une caractéristique sans utilité aucune, c.a.d s'avérant totalement incapable de donner lieu à un quelconque effet technique, étant donné que le procédé tel que défini dans cette revendication 1 ne spécifie aucune étape d'ajustement de ladite lame durant le processus d'inscription. Une caractéristique totalement inessentielle ne saurait bien évidemment être considérée comme étant de nature à conférer de l'activité inventive à une revendication.

- 2.2 D3 divulgue également (cf. en particulier Fig. 2, 4 et 5 et description associée, ainsi que col.2, lignes 43-48) un procédé d'inscription, dans un substrat transparent formant guide de lumière, d'un réseau de Bragg formant un filtre spectral vis-à-vis d'une onde lumineuse qui le traverse, qui présente également l'ensemble des caractéristiques de cette revendication 1; à l'exception de celle selon laquelle on transfère la figure des interférences entre lesdits deux faisceaux lumineux angulairement décalés directement dans le substrat, par un phénomène de photosensibilité utilisé au sein même dudit substrat, sous la forme d'une modulation d'indice de réfraction de ce substrat; ainsi qu'éventuellement de celle selon laquelle la lame de phase est ajustable en position et orientation [cf., respectivement, le transfert (cf. Fig. 4) sur le substrat (142) de la figure des interférences entre les deux faisceaux lumineux respectivement transmis et réfléchis par le séparateur 12, angulairement décalés, de même longueur d'onde et cohérents; et la division



d'au moins l'un desdits faisceaux lumineux en au moins deux sous-faisceaux au moyen d'une lame de phase induisant un décalage de phase de l'un des sous-faisceaux par rapport à l'autre, apte à générer un décalage de phase correspondant dans le réseau de Bragg (cf. col.2, lignes 43-48; cf. également sur les Fig. 4 et 5 la lame transparente 22,24 insérée au travers dudit faisceau; laquelle lame 22,24 présente un saut de phase-cf. la couche 25 qui s'étend seulement sur la moitié gauche de la lame 24- apte à provoquer un saut de phase correspondant dans la figure d'interférences transférée sur le substrat); la figure d'interférences étant par ailleurs dans D3 transférée indirectement dans le substrat par photolithographie, sous la forme d'une modulation en épaisseur de ce substrat (cf. Fig. 2)].

Le procédé d'inscription selon la revendication 1 apparaît en conséquence également évident au vu de D3, pour des raisons identiques à celles déjà indiquées au point 2.1 ci-dessus en relation avec D1.

- 2.3 Toute assertion qui tendrait à arguer que l'homme du métier ne saurait être incité à combiner des documents relatifs à l'inscription en deux étapes de réseaux de Bragg dans un substrat par une technique photolithographique (c.a.d à une inscription faite indirectement par transfert d'une figure d'interférences dans un photorésist déposé sur le substrat suivi d'une attaque chimique du photorésist) avec des documents relatifs à l'inscription de réseaux de Bragg dans un substrat en une seule étape mettant à profit un mécanisme de photosensibilité dudit substrat (c.a.d à une inscription par transfert direct de la figure d'interférences dans un substrat photosensible) devrait être jugée inacceptable: les deux techniques ci-dessus sont en effet très voisines, puisque non seulement elles visent toutes deux à la fabrication d'un produit du même type (à savoir réseau de Bragg dans un guide optique), mais encore et surtout parce qu'elles mettent toutes deux en oeuvre pour cette fabrication *une étape essentielle identique dans les deux cas, i.e. une étape de génération d'une figure d'interférences appropriée* (la seule différence restante au niveau du procédé résidant dans le transfert direct ou indirect de cette figure d'interférences dans le substrat); de sorte que l'homme du métier ne peut qu'être directement incité à appliquer un aspect particulièrement intéressant déjà connu dans l'une des deux techniques à l'autre technique, et en particulier, à transférer un aspect particulièrement intéressant déjà connu de la technique pho-



tolithographique plus ancienne (tel que la réalisation d'un décalage de phase dans un réseau de Bragg par insertion d'une lame de phase dans l'un des deux faisceaux interférents) à l'autre technique plus récente mettant directement à profit la photosensibilité du substrat.

3. L'objet des présentes revendications dépendantes 2 et 3 apparaît également dépourvu d'activité inventive.

Les caractéristiques de la revendication 2 sont également connues de D1 ou D3.

Les caractéristiques de la revendication 3 sont connues de D2 (cf. la séparation du front d'onde à l'aide du miroir de Lloyd 14 sur la Fig.); ou de D4 (EP-A-0 552 028: cf. la séparation du front d'onde à l'aide du prisme 44 sur la Fig. 1).

4. Une nouvelle revendication indépendante de procédé 1, qui aurait inclus les caractéristiques de la présente revendication dépendante 4 en combinaison avec celles de la présente revendication 1, tout en étant adéquatement clarifiée et correctement délimitée par rapport à l'état de la technique le plus proche (cf. ci-après la Section VII, point 1, ainsi que la Section VIII, point 1) aurait vraisemblablement pu être considérée comme impliquant une activité inventive au vu de l'état de la technique citée, compte tenu de ce qu'aucun des documents cités n'apparaît divulguer ou suggérer l'idée d'ajuster la position et/ou l'orientation de la lame de phase durant la projection de la figure d'interférence sur le substrat de façon à induire une modification correspondante de la position et/ou de la valeur dudit décalage de phase de l'un desdits sous-faisceaux par rapport à l'autre durant ladite projection, en vue de générer un profil désiré de variation d'indice dans le réseau de Bragg inscrit.
5. L'objet de la présente revendication indépendante d'appareil 5 apparaît également dépourvu d'activité inventive (Art. 33(3) PCT) au vu de l'un quelconque des documents D1 (EP-A-0 188 919) ou D3 (US-A-4 792 197) combiné avec les connaissances générales de l'homme du métier, pour des raisons similaires à celles déjà avancées au point 2 ci-dessus en relation avec le procédé [ce qui peut apparaître encore inventif au vu de l'état de la technique citée est en effet, ainsi que déjà indiqué au point 4 ci-dessus, non pas le simple caractère ajustable en position et ori-





entation de la lame de phase (lequel apparait totalement évident du simple fait que toute mise en oeuvre du procédé nécessite quasi-obligatoirement la mise en oeuvre d'un tel ajustement au moins préalablement au démarrage dudit procédé), mais l'ajustement effectif de cette lame de phase durant la projection de la figure d'interférence sur le substrat, lequel ajustement effectif durant une période bien précise ne peut en principe être spécifié que dans le cadre d'un procédé, et non pas d'un appareillage].

6. L'objet des présentes revendications dépendantes 6 et 7 apparait également dépourvu d'activité inventive, pour des raisons identiques à celles indiquées au point 3 ci-dessus en relation avec les revendications dépendantes de procédé 2 et 3.
7. L'objet de la présente revendication indépendante de produit 8, interprétée comme indiqué à la Section VIII, point 3 ci-après, apparait dépourvu de nouveauté (Art. 33(2) PCT).

Le produit fini en tant que tel sur lequel porte en fait cette revendication 8 [c.a.d. tel qu'il se présente inévitablement, du point de vue structurel, une fois que les différentes caractéristiques de procédé de fabrication telles que mentionnées à la revendication 8 ont été entièrement mises en oeuvre] peut en effet se définir structurellement comme consistant simplement en un réseau de Bragg à saut de phase et haute sélectivité spectrale, inscrit au sein même d'un substrat transparent formant guide de lumière, sous la forme d'une modulation d'indice de réfraction de ce substrat, laquelle modulation présente un décalage de phase prédéterminé, avantageusement égal à  $\pi$ .

Or, un tel produit est déjà bien connu de l'état de la technique. Cf. ainsi, à titre d'exemple, D9 (cf. en particulier le Titre et l'Abstract, ainsi que le paragraphe "Experiment" au sommet de la page 1345); ou D10 (cf. en particulier l'Abstract, ainsi que les lignes 1 à 3 de la colonne de droite de la page 969); ou D11 (cf. en particulier page 1978, sommet de la col. de gauche).

8. L'objet de la présente revendication indépendante de produit 9, interprétée comme indiqué à la Section VIII, point 3 ci-après, apparait également dépourvu de nouveauté.



Le produit fini en tant que tel sur lequel porte en fait cette revendication 9 peut en effet se définir structurellement comme consistant simplement en un substrat formant guide de lumière dépourvu de tout réseau de Bragg (lorsque les deux réseaux superposés en opposition de phase s'annihilent totalement); ou simplement pourvu d'un réseau de Bragg unique présentant une faible profondeur de modulation d'indice de réfraction (lorsque les deux réseaux superposés en opposition de phase s'annihilent seulement partiellement).

De tels substrats formant guide de lumière dépourvus de tout réseau de Bragg ou simplement pourvus d'un réseau de Bragg unique présentant une faible profondeur de modulation d'indice sont bien évidemment déjà bien connus de l'état de la technique.

9. L'objet de la présente revendication indépendante de produit 10, interprétée comme indiqué à la Section VIII, point 3 ci-après, apparaît également dépourvu de nouveauté.

Le produit fini en tant que tel sur lequel porte en fait cette revendication 10 peut en effet se définir structurellement comme consistant simplement en une cavité de Fabry-Pérot délimitée par deux réseaux de Bragg spatialement espacés inscrits au sein même d'un substrat transparent formant guide de lumière, sous la forme d'une modulation d'indice de réfraction de ce substrat.

Or, un tel produit est également déjà bien connu de l'état de la technique. Cf. ainsi, à titre d'exemple, D12 (cf. en particulier le Titre et l'Abstract, ainsi que le paragraphe "Experimental methodology and results" aux pages 1687 et 88).

10. L'objet de la présente revendication indépendante de produit 11 et de la présente revendication dépendante 12, interprétées comme indiqué à la Section VIII, point 3 ci-après, apparaît également dépourvu de nouveauté.

Le produit fini en tant que tel sur lequel porte en fait ces revendications 11 et 12 peut en effet se définir structurellement comme consistant simplement en un réseau de Bragg à enveloppe de modulation d'indice déterminée, notamment réseau de Bragg apodisé, inscrit au sein même d'un substrat transparent formant guide de lumière, sous la forme de deux modulations d'indice de réfraction superposées présentant des parties en opposition de phase.



Or, un tel produit est déjà bien connu de l'état de la technique. Cf. ainsi, à titre d'exemple, D8 [WO97/22023: cf. en particulier l'Abstract, ainsi que la Fig. 11 et la description associée].

11. Dans l'hypothèse où le Déposant aurait pu démontrer que les produits en tant que tels sur lesquels portent en fait ces différentes revendications 8 à 12 présenteraient malgré tout certaines différences structurelles avec les produits connus des différents documents tels que mentionnés ci-dessus, de tels produits devraient alors être considérés comme apparaissant de toutes façons totalement évidents au vu de l'état de la technique citée, étant donné que de telles différences structurelles éventuelles apparaîtraient au premier abord ne porter que sur de *simples variantes de détail, incapables d'entraîner une quelconque différence significative du point de vue de l'effet obtenu* par rapport à celui déjà obtenu dans les documents connus.

#### Concernant la Section VII

1. Les présentes revendications indépendantes ne sont pas délimitées correctement par rapport à l'état de la technique le plus proche (Règle 6.3(b) PCT), tel que susceptible d'être constitué par celui ayant déjà servi de base au préambule de la présente revendication 1 (à savoir tout document relatif à l'inscription directe de réseaux de Bragg dans des guides optiques, par un phénomène de photosensibilité ou effet photoréfractif au sein même desdits guides, sous la forme d'une modulation d'indice de réfraction de ces guides), ou alternativement par D1 ou D3 (cf. l'analyse telle que déjà effectuée à la Section V ci-dessus).
2. La partie introductive de la description omet en outre (Règle 5.1(a) (ii) et (iii) PCT) d'être adaptée au libellé des présentes revendications indépendantes, de même qu'elle omet de mentionner les documents pertinents D1 et D3, ainsi que D8 à D10, avec brève analyse de leur contenu pertinent (cf. l'analyse telle que déjà effectuée à la Section V ci-dessus).



Concernant la Section VIII

Le présent jeu de revendications 1 à 12 ne satisfait pas aux exigences de clarté telles que requises par l'Article 6 PCT en ce qui concerne un grand nombre de points, dont notamment les suivants:

1. Dans la revendication dépendante 4, l'expression "au cours du temps" est trop vague; elle aurait dû être remplacée par une expression plus précise et plus conforme à la description, telle que "au cours de l'exposition dudit substrat auxdits faisceaux interférents".  
Le but poursuivi par la modification, au cours de ladite exposition, de la position et/ou de la valeur dudit décalage de phase, telle que spécifiée dans cette revendication 4, aurait également dû être mentionné dans cette revendication.  
Le libellé de cette revendication 4 aurait dû enfin être adapté à celui de la revendication amendée 1, en précisant notamment que l'étape positive qui est mise en oeuvre dans cette revendication 4 est, non pas directement ladite modification de la position et/ou de la valeur du décalage de phase de l'un des sous-faisceaux par rapport à l'autre, mais l'*ajustement* (durant la projection de la figure d'interférence sur le substrat) *de la position et/ou l'orientation de la lame de phase*, de façon à induire ladite modification correspondante de la position et/ou de la valeur dudit décalage de phase (en vue de générer un profil désiré de variation d'indice dans le réseau de Bragg inscrit).
2. La revendication indépendante d'appareil 5 omet de mentionner des moyens génériques (essentiels pour la réalisation des réseaux désirés) pour former les deux faisceaux angulairement décalés aptes à générer la figure d'interférences requise. Cette revendication 5 omet également de spécifier la caractéristique essentielle selon laquelle la lame de phase est destinée à être insérée sur le trajet de l'un desdits faisceaux interférents.
3. Revendications de produit 8 à 12:
  - 3.1 Les revendications indépendantes 8 à 11 ainsi que la revendication dépendante 12 laissent tout d'abord subsister un doute sérieux quand à la catégorie à laquelle elles appartiennent (cf. Directives PCT, Chap.III, 4.1): Ces revendications 8 à 12,





alors qu'elles portent en principe sur des produits [à savoir, respectivement: "réseau de Bragg à saut de phase et haute sélectivité spectrale" en ce qui concerne la revendication 8; "réseau de Bragg" en ce qui concerne la revendication 9; "cavité de Fabry-Perot délimitée par deux réseaux de Bragg spatialement espacés" en ce qui concerne la revendication 10; et "réseau de Bragg à enveloppe de modulation d'indice déterminée" en ce qui concerne les revendications 11 et 12] définissent en effet les réseaux de Bragg constitutifs de ces produits, non pas en termes de caractéristiques structurelles desdits réseaux de Bragg, mais essentiellement et quasi-uniquement par des caractéristiques de procédé de fabrication de ces réseaux de Bragg, lesquelles caractéristiques de procédé de fabrication ne sont par ailleurs pratiquement plus visibles sur ledit produit une fois complètement fabriqué [cf., respectivement, l'expression "(réseau) obtenu par le procédé selon la revendication 1" telle qu'utilisée dans chacune des revendications indépendantes 8 à 11; ou l'expression additionnelle "le décalage de phase que présentent les deux sous-faisceaux étant avantageusement égal à  $\pi$ " dans la revendication 9; ou l'expression additionnelle "par inscriptions successives de deux réseaux ..., la surinscription ....se faisant durant des temps variables, pour un positionnement variable du décalage de phase et pour une valeur variable de ce dernier" dans la revendication 11; ainsi que l'expression additionnelle "la position du décalage de phase étant déplacée avec un mouvement programmable" dans la revendication 12].

Il convient à ce sujet de noter que, selon une pratique d'examen constante, un produit doit être défini le plus qu'il est possible par ses caractéristiques structurelles, de façon à éviter tout manque de clarté. La caractérisation complémentaire d'un produit (ou de l'un de ses composants) par son procédé de fabrication n'est éventuellement admissible que pour définir clairement de manière indirecte celles des caractéristiques structurelles dudit produit qui seraient difficilement spécifiables en tant que telles de manière adéquate, ce qui n'apparaît pas être le cas présentement (cf. par exemple la Section V ci-dessus, points 7 à 10, montrant que lesdits réseaux peuvent être définis en termes de caractéristiques structurelles). Les caractéristiques incriminées relatives au procédé de fabrication auraient dû en conséquence être supprimées de ces revendications de produit, et remplacées par la mention des différentes caractéristiques structurelles qui résultent inévitablement de la mise en oeuvre du procédé en question (l'étendue exacte de la protection conférée par une revendication de produit pouvant par ailleurs s'apprécier



beaucoup plus clairement lorsque ce produit est défini directement par ses caractéristiques structurelles, que lorsqu'il est défini seulement indirectement en termes de son procédé de réalisation).

- 3.2 Les revendications 8 à 12 doivent de toutes façons (c.a.d. même si le produit sur lequel elles portent est défini en partie ou en totalité par des caractéristiques de procédé de fabrication) être interprétées comme des revendications portant sur le produit en tant que tel. Ceci signifie notamment que lesdites caractéristiques relatives au procédé de fabrication sont limitatives seulement dans la mesure où elles contribuent à définir de manière indirecte des caractéristiques structurelles. En d'autres termes, lesdites caractéristiques de procédé de fabrication ne limitent pas spécifiquement la portée du produit revendiqué aux seuls produits uniquement fabriqués par le procédé mentionné. La portée de telles revendications s'étend également au contraire aux produits susceptibles d'être fabriqués par tout autre procédé dès lors que ces autres procédés conduisent également au même résultat du point de vue structurel [une des conséquences d'une telle interprétation étant que le produit revendiqué est susceptible d'être antérieur par n'importe quel produit antérieur qui présenterait les mêmes caractéristiques structurelles, même si un tel produit antérieur est fabriqué par une méthode différente (pourvu néanmoins que cette méthode différente conduise aux mêmes caractéristiques structurelles pour le produit fini)].
- 3.3 En outre, le produit selon la revendication 9 ne peut pas être obtenu par la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1 contrairement à ce qui est présentement spécifié, étant donné que l'effaçage total ou partiel du réseau préalablement inscrit requiert, selon la description, la surinscription d'un réseau déphasé de  $\pi$  sur toute sa longueur, et donc un décalage de phase de la totalité d'un des deux faisceaux interférents (au moyen d'une lame de phase uniforme), et non un décalage de phase d'une partie seulement d'un des deux faisceaux interférents (au moyen d'une lame à saut de phase) comme spécifié dans la revendication 1.
- 3.4. Les revendications indépendantes de produit 9 à 11, qui portent chacune sur un produit spécifique [à savoir, respectivement, effaçage (total ou partiel) d'un réseau de Bragg préalablement inscrit, cavité de Fabry-Pérot délimitée par deux réseaux de Bragg spatialement espacés, ou réseau de Bragg à enveloppe de modulation



d'indice déterminée] auraient en fait dû être à tout le moins transformées en revendications de procédé pour réaliser de tels produits spécifiques, et spécifier par ailleurs l'ensemble des caractéristiques essentielles de procédé (cf. la description correspondante, pages 27-40) qui permettent d'obtenir lesdits produits spécifiques (ceci n'étant par contre pas valable pour la revendication de produit 8, dont la transformation en revendication de procédé aboutirait immanquablement à la présente revendication 1, jugée évidente ci-dessus).

De telles revendications transformées en revendication de procédé auraient néanmoins pu (sans pour autant préjuger de leur caractère nouveau et inventif) être considérées comme n'étant pas liées entre elles et/ou avec les précédentes revendications de procédé ou d'appareil de façon à former un concept inventif général unique, de sorte que des objections d'unité d'invention (Règle 13.1 et 68 PCT) auraient pu être soulevées à leur encontre.

\*\*\*\*\*



# REVENDEICATIONS

1. Procédé d'inscription, dans un substrat transparent (36) formant guide de lumière, notamment dans une fibre optique, d'un réseau de Bragg formant un  
 5 filtre spectral vis-à-vis d'une onde lumineuse qui le traverse, procédé selon lequel on transfère directement dans le substrat, par un phénomène de photosensibilité utilisé au sein même dudit substrat, la figure des interférences entre deux faisceaux lumineux (28, 30)  
 10 angulairement décalés, de même longueur d'onde et cohérents, cette figure d'interférences étant transférée, dans le substrat, sous la forme d'une modulation d'indice de réfraction de ce substrat, ce procédé étant caractérisé en ce que au moins l'un  
 15 desdits faisceaux lumineux est divisé en au moins deux sous-faisceaux <sup>①</sup> ~~présentant~~ un décalage de phase <sup>de</sup> l'un par rapport à l'autre, <sup>(des sous-faisceaux)</sup> ②
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la figure des interférences est transférée selon  
 20 une configuration à séparation d'amplitude.
3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la figure des interférences est transférée selon une configuration à séparation du front d'onde.
4. Procédé selon l'une quelconque des  
 25 revendications 1 à 3, dans lequel on modifie au cours du temps la position du décalage de phase ou la valeur de ce décalage de phase ou la position et la valeur de ce décalage de phase dans le faisceau lumineux formé par les deux sous-faisceaux.
5. Appareil pour la mise en oeuvre du  
 30 procédé d'inscription selon la revendication 1, cet appareil étant caractérisé en ce qu'il comprend :

① par une lame de phase ajustable en position et orientation, induisant

② apte à générer un décalage de phase correspondant dans le réseau de Bragg.





PCT -

## REQUÊTE

Le soussigné requiert que la présente demande internationale soit traitée conformément au Traité de coopération en matière de brevets.

Réservé à l'office récepteur

Demande internationale n°

Date du dépôt international

Nom de l'office récepteur et "Demande internationale PCT"

Référence du dossier du déposant ou du mandataire (facultatif)  
(12 caractères au maximum) B 12960.3 PV

Cadre n° I TITRE DE L'INVENTION PROCEDE D'INSCRIPTION DE RESEAUX DE BRAGG, APPAREIL POUR LA MISE EN OEUVRE DE CE PROCEDE ET DISPOSITIFS A RESEAUX DE BRAGG OBTENUS PAR CE PROCEDE

## Cadre n° II DÉPOSANT

Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'État où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE  
31-33, rue de la Fédération  
75752 PARIS 15ème  
FRANCE

☐ Cette personne est aussi inventeur.

n° de téléphone

01 69 08 82 93

n° de télécopieur

01 69 08 82 92

n° de téléimprimeur

Nationalité (nom de l'État) : FR

Domicile (nom de l'État) : FR

Cette personne est  
déposant pour :

☐ tous les États  
désignés

☒ tous les États désignés sauf  
les États-Unis d'Amérique

☐ les États-Unis d'Amérique  
seulement

☐ les États indiqués dans  
le cadre supplémentaire

## Cadre n° III AUTRE(S) DÉPOSANT(S) OU (AUTRE(S)) INVENTEUR(S)

Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'État où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)

FERDINAND Pierre  
96, rue des Martyrs de la Résistance  
78800 HOUILLES  
FRANCE

Cette personne est :

☐ déposant seulement

☒ déposant et inventeur

☐ inventeur seulement  
(Si cette case est cochée,  
ne pas remplir la suite.)

Nationalité (nom de l'État) : FR

Domicile (nom de l'État) : FR

Cette personne est  
déposant pour :

☐ tous les États  
désignés

☐ tous les États désignés sauf  
les États-Unis d'Amérique

☒ les États-Unis d'Amérique  
seulement

☐ les États indiqués dans le  
cadre supplémentaire

☒ D'autres déposants ou inventeurs sont indiqués sur une feuille annexe.

## Cadre n° IV MANDATAIRE OU REPRÉSENTANT COMMUN; OU ADRESSE POUR LA CORRESPONDANCE

La personne dont l'identité est donnée ci-dessous est/a été désignée pour agir au nom du ou des déposants auprès des autorités internationales compétentes, comme:

☒ mandataire

☐ représentant commun

Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays.)

BREVATOME  
25, rue de Ponthieu  
75008 PARIS  
FRANCE

n° de téléphone

01 53 83 94 00

n° de télécopieur

01 45 63 83 33

n° de téléimprimeur

☐ Adresse pour la correspondance : cocher cette case lorsque aucun mandataire ni représentant commun n'est/n'a été désigné et que l'espace ci-dessus est utilisé pour indiquer une adresse spéciale à laquelle la correspondance doit être envoyée.



## Suite du cadre n° III AUTRE(S) DÉPOSANT(S) OU (AUTRE(S)) INVENTEUR(S)

*Si aucun des sous-cadres suivants n'est utilisé, cette feuille ne doit pas être incluse dans la requête.*

Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'État où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)

MAGNE Sylvain  
35, rue des Pierrettes  
92320 CHATILLON  
FRANCE

Cette personne est :

- ☐ déposant seulement  
☒ déposant et inventeur  
☐ inventeur seulement  
(Si cette case est cochée, ne pas remplir la suite.)

Nationalité (nom de l'État) :

FR

Domicile (nom de l'État) :

FR

Cette personne est déposant pour :

- ☐ tous les États désignés ☐ tous les États désignés sauf les États-Unis d'Amérique ☒ les États-Unis d'Amérique seulement ☐ les États indiqués dans le cadre supplémentaire

Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'État où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)

MARTINEZ Christophe  
40, rue de Chartres  
91400 ORSAY  
FRANCE

Cette personne est :

- ☐ déposant seulement  
☒ déposant et inventeur  
☐ inventeur seulement  
(Si cette case est cochée, ne pas remplir la suite.)

Nationalité (nom de l'État) :

FR

Domicile (nom de l'État) :

FR

Cette personne est déposant pour :

- ☐ tous les États désignés ☐ tous les États désignés sauf les États-Unis d'Amérique ☒ les États-Unis d'Amérique seulement ☐ les États indiqués dans le cadre supplémentaire

Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'État où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)

Cette personne est :

- ☐ déposant seulement  
☐ déposant et inventeur  
☐ inventeur seulement  
(Si cette case est cochée, ne pas remplir la suite.)

Nationalité (nom de l'État) :

Domicile (nom de l'État) :

Cette personne est déposant pour :

- ☐ tous les États désignés ☐ tous les États désignés sauf les États-Unis d'Amérique ☐ les États-Unis d'Amérique seulement ☐ les États indiqués dans le cadre supplémentaire

Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'État où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)

Cette personne est :

- ☐ déposant seulement  
☐ déposant et inventeur  
☐ inventeur seulement  
(Si cette case est cochée, ne pas remplir la suite.)

Nationalité (nom de l'État) :

Domicile (nom de l'État) :

Cette personne est déposant pour :

- ☐ tous les États désignés ☐ tous les États désignés sauf les États-Unis d'Amérique ☐ les États-Unis d'Amérique seulement ☐ les États indiqués dans le cadre supplémentaire

☐ D'autres déposants ou inventeurs sont indiqués sur une autre feuille annexe.



**Cadre n° V DÉSIGNATION ÉTATS**

Les désignations suivantes sont faites conformément à la règle 4.9.a) (cocher les cases appropriées; une au moins doit l'être) :

**Brevet régional**

- ☐ AP Brevet ARIPO : GH Ghana, GM Gambie, KE Kenya, LS Lesotho, MW Malawi, SD Soudan, SZ Swaziland, UG Ouganda, ZW Zimbabwe et tout autre État qui est un État contractant du Protocole de Harare et du PCT
- ☐ EA Brevet eurasien : AM Arménie, AZ Azerbaïdjan, BY Bélarus, KG Kirghizistan, KZ Kazakhstan, MD République de Moldova, RU Fédération de Russie, TJ Tadjikistan, TM Turkménistan et tout autre État qui est un État contractant de la Convention sur le brevet eurasien et du PCT
- ☒ EP Brevet européen : AT Autriche, BE Belgique, CH et LI Suisse et Liechtenstein, CY Chypre, DE Allemagne, DK Danemark, ES Espagne, FI Finlande, FR France, GB Royaume-Uni, GR Grèce, IE Irlande, IT Italie, LU Luxembourg, MC Monaco, NL Pays-Bas, PT Portugal, SE Suède et tout autre État qui est un État contractant de la Convention sur le brevet européen et du PCT
- ☐ OA Brevet OAPI : BF Burkina Faso, BJ Bénin, CF République centrafricaine, CG Congo, CI Côte d'Ivoire, CM Cameroun, GA Gabon, GN Guinée, GW Guinée-Bissau, ML Mali, MR Mauritanie, NE Niger, SN Sénégal, TD Tchad, TG Togo et tout autre État qui est un État membre de l'OAPI et un État contractant du PCT (si une autre forme de protection ou de traitement est souhaitée, le préciser sur la ligne pointillée) .....

**Brevet national (si une autre forme de protection ou de traitement est souhaitée, le préciser sur la ligne pointillée) :**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> AL Albanie .....                                    | <input type="checkbox"/> LS Lesotho .....                               |
| <input type="checkbox"/> AM Arménie .....                                    | <input type="checkbox"/> LT Lituanie .....                              |
| <input type="checkbox"/> AT Autriche .....                                   | <input type="checkbox"/> LU Luxembourg .....                            |
| <input type="checkbox"/> AU Australie .....                                  | <input type="checkbox"/> LV Lettonie .....                              |
| <input type="checkbox"/> AZ Azerbaïdjan .....                                | <input type="checkbox"/> MD République de Moldova .....                 |
| <input type="checkbox"/> BA Bosnie-Herzégovine .....                         | <input type="checkbox"/> MG Madagascar .....                            |
| <input type="checkbox"/> BB Barbade .....                                    | <input type="checkbox"/> MK Ex-République yougoslave de Macédoine ..... |
| <input type="checkbox"/> BG Bulgarie .....                                   | <input type="checkbox"/> MN Mongolie .....                              |
| <input type="checkbox"/> BR Brésil .....                                     | <input type="checkbox"/> MW Malawi .....                                |
| <input type="checkbox"/> BY Bélarus .....                                    | <input type="checkbox"/> MX Mexique .....                               |
| <input checked="" type="checkbox"/> CA Canada .....                          | <input type="checkbox"/> NO Norvège .....                               |
| <input type="checkbox"/> CH et LI Suisse et Liechtenstein .....              | <input type="checkbox"/> NZ Nouvelle-Zélande .....                      |
| <input type="checkbox"/> CN Chine .....                                      | <input type="checkbox"/> PL Pologne .....                               |
| <input type="checkbox"/> CU Cuba .....                                       | <input type="checkbox"/> PT Portugal .....                              |
| <input type="checkbox"/> CZ République tchèque .....                         | <input type="checkbox"/> RO Roumanie .....                              |
| <input type="checkbox"/> DE Allemagne .....                                  | <input type="checkbox"/> RU Fédération de Russie .....                  |
| <input type="checkbox"/> DK Danemark .....                                   | <input type="checkbox"/> SD Soudan .....                                |
| <input type="checkbox"/> EE Estonie .....                                    | <input type="checkbox"/> SE Suède .....                                 |
| <input type="checkbox"/> ES Espagne .....                                    | <input type="checkbox"/> SG Singapour .....                             |
| <input type="checkbox"/> FI Finlande .....                                   | <input type="checkbox"/> SI Slovénie .....                              |
| <input type="checkbox"/> GB Royaume-Uni .....                                | <input type="checkbox"/> SK Slovaquie .....                             |
| <input type="checkbox"/> GD Grenade .....                                    | <input type="checkbox"/> SL Sierra Leone .....                          |
| <input type="checkbox"/> GE Géorgie .....                                    | <input type="checkbox"/> TJ Tadjikistan .....                           |
| <input type="checkbox"/> GH Ghana .....                                      | <input type="checkbox"/> TM Turkménistan .....                          |
| <input type="checkbox"/> GM Gambie .....                                     | <input type="checkbox"/> TR Turquie .....                               |
| <input type="checkbox"/> HR Croatie .....                                    | <input type="checkbox"/> TT Trinité-et-Tobago .....                     |
| <input type="checkbox"/> HU Hongrie .....                                    | <input type="checkbox"/> UA Ukraine .....                               |
| <input type="checkbox"/> ID Indonésie .....                                  | <input type="checkbox"/> UG Ouganda .....                               |
| <input type="checkbox"/> IL Israël .....                                     | <input checked="" type="checkbox"/> US États-Unis d'Amérique .....      |
| <input type="checkbox"/> IN Inde .....                                       | <input type="checkbox"/> UZ Ouzbékistan .....                           |
| <input type="checkbox"/> IS Islande .....                                    | <input type="checkbox"/> VN Viet Nam .....                              |
| <input type="checkbox"/> JP Japon .....                                      | <input type="checkbox"/> YU Yougoslavie .....                           |
| <input type="checkbox"/> KE Kenya .....                                      | <input type="checkbox"/> ZW Zimbabwe .....                              |
| <input type="checkbox"/> KG Kirghizistan .....                               |   |
| <input type="checkbox"/> KP République populaire démocratique de Corée ..... |   |
| <input type="checkbox"/> KR République de Corée .....                        |   |
| <input type="checkbox"/> KZ Kazakhstan .....                                 |   |
| <input type="checkbox"/> LC Sainte-Lucie .....                               |   |
| <input type="checkbox"/> LK Sri Lanka .....                                  |   |
| <input type="checkbox"/> LR Libéria .....                                    |   |

Cases réservées pour la désignation (aux fins d'un brevet national) d'États qui sont devenus parties au PCT après la publication de la présente feuille :

- ☐ .....
- ☐ .....
- ☐ .....

**Déclaration concernant les désignations de précaution :** outre les désignations faites ci-dessus, le déposant fait aussi conformément à la règle 4.9.b) toutes les désignations qui seraient autorisées en vertu du PCT, à l'exception de toute désignation indiquée dans le cadre supplémentaire comme étant exclue de la portée de cette déclaration. Le déposant déclare que ces désignations additionnelles sont faites sous réserve de confirmation et que toute désignation qui n'est pas confirmée avant l'expiration d'un délai de 15 mois à compter de la date de priorité doit être considérée comme retirée par le déposant à l'expiration de ce délai. (Pour confirmer une désignation, il faut déposer une déclaration contenant la désignation en question et payer les taxes de désignation et de confirmation. La confirmation doit parvenir à l'office récepteur dans le délai de 15 mois.)



1

2

3

4

5

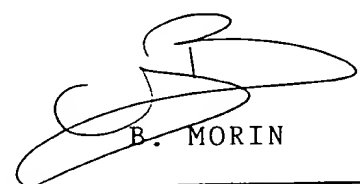
Cadre n° VI REVENDECA EN DE PRIORITÉ		D'autres revendications de priorité sont indiquées dans le cadre supplémentaire.		
Date de dépôt de la demande antérieure (jour/mois/année)	—Numéro de la demande antérieure	Lorsque la demande antérieure est une :		
		demande nationale : pays	demande régionale : ° office régional	demande internationale : office récepteur
(1) (12.05.1998) 12 mai 1998	98 05959	FRANCE		
(2)				
(3)				

☐ L'office récepteur est prié de préparer et de transmettre au Bureau international une copie certifiée conforme de la ou des demandes antérieures (seulement si la demande antérieure a été déposée auprès de l'office qui, aux fins de la présente demande internationale, est l'office récepteur) indiquées ci-dessus au(x) point(s) : \_\_\_\_\_

\* Si la demande antérieure est une demande ARIPO, il est obligatoire d'indiquer dans le cadre supplémentaire au moins un pays partie à la Convention de Paris pour la protection de la propriété industrielle pour lequel cette demande antérieure a été déposée (règle 4.10.b)ii). Voir le cadre supplémentaire.

Cadre n° VII ADMINISTRATION CHARGÉE DE LA RECHERCHE INTERNATIONALE			
Choix de l'administration chargée de la recherche internationale (ISA) (si plusieurs administrations chargées de la recherche internationale sont compétentes pour procéder à la recherche internationale, indiquer l'administration choisie; le code à deux lettres peut être utilisé) :		Demande d'utilisation des résultats d'une recherche antérieure; mention de cette recherche (si une recherche antérieure a été effectuée par l'administration chargée de la recherche internationale ou demandée à cette dernière) :	
ISA /		Date (jour/mois/année)	Numéro Pays (ou office régional)
		14 janvier 1999	FA 557904 FRANCE

Cadre n° VIII BORDEREAU; LANGUE DE DÉPÔT	
La présente demande internationale contient le nombre de feuilles suivant :	Le ou les éléments cochés ci-après sont joints à la présente demande internationale :
requête : 4	1. <input type="checkbox"/> feuille de calcul des taxes
description (sauf partie réservée au listage des séquences) : 45	2. <input checked="" type="checkbox"/> pouvoir distinct signé
revendications : 3	3. <input checked="" type="checkbox"/> copie du pouvoir général; numéro de référence, le cas échéant : 07085
abrégé : 1	4. <input type="checkbox"/> explication de l'absence d'une signature
dessins : 6	5. <input checked="" type="checkbox"/> document(s) de priorité indiqué(s) dans le cadre n° VI au(x) point(s) : 1
partie de la description réservée au listage des séquences : _____	6. <input type="checkbox"/> traduction de la demande internationale en (langue) :
Nombre total de feuilles : 59	7. <input type="checkbox"/> indications séparées concernant des micro-organismes ou autre matériel biologique déposés
	8. <input type="checkbox"/> listage des séquences de nucléotides ou d'acides aminés sous forme déchiffrable par ordinateur
	9. <input checked="" type="checkbox"/> autres éléments (préciser) : Rapport de recherche
Figure des dessins qui doit accompagner l'abrégé : 10	Langue de dépôt de la demande internationale : français

Cadre n° IX SIGNATURE DU DÉPOSANT OU DU MANDATAIRE	
À côté de chaque signature, indiquer le nom du signataire et, si cela n'apparaît pas clairement à la lecture de la requête, à quel titre l'intéressé signe.	
 B. MORIN	

Réservé à l'office récepteur

1. Date effective de réception des pièces supposées constituer la demande internationale :	2. Dessins : <input type="checkbox"/> reçus : <input type="checkbox"/> non reçus :
3. Date effective de réception, rectifiée en raison de la réception ultérieure, mais dans les délais, de documents ou de dessins complétant ce qui est supposé constituer la demande internationale :	
4. Date de réception, dans les délais, des corrections demandées selon l'article 11.2) du PCT :	
5. Administration chargée de la recherche internationale (si plusieurs sont compétentes) : ISA /	6. <input type="checkbox"/> Transmission de la copie de recherche différée jusqu'au paiement de la taxe de recherche.

Réservé au Bureau international

Date de réception de l'exemplaire original par le Bureau international :







## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets <sup>6</sup> : G02B 6/16, 6/12, G03F 7/00	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 99/59009 (43) Date de publication internationale: 18 novembre 1999 (18.11.99)
---	----	--

(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR99/01119

(22) Date de dépôt international: 11 mai 1999 (11.05.99)

(30) Données relatives à la priorité:  
98/05959 12 mai 1998 (12.05.98) FR

(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE [FR/FR]; 31-33, rue de la Fédération, F-75752 Paris Cedex 15 (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (US seulement): FERDINAND, Pierre [FR/FR]; 96, rue des Martyrs de la Résistance, F-78800 Houilles (FR); MAGNE, Sylvain [FR/FR]; 35, rue des Pierrettes, F-92320 Châtillon (FR); MARTINEZ, Christophe [FR/FR]; 40, rue de Chartres, F-91400 Orsay (FR).

(74) Mandataire: BREVATOME; 25, rue de Ponthieu, F-75008 Paris (FR).

(81) Etats désignés: CA, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Publiée

Avec rapport de recherche internationale.

(54) Title: METHOD FOR FORMING BRAGG GRATINGS, APPARATUS FOR IMPLEMENTING SAID METHOD AND DEVICES WITH BRAGG GRATINGS OBTAINED WITH SAID METHOD

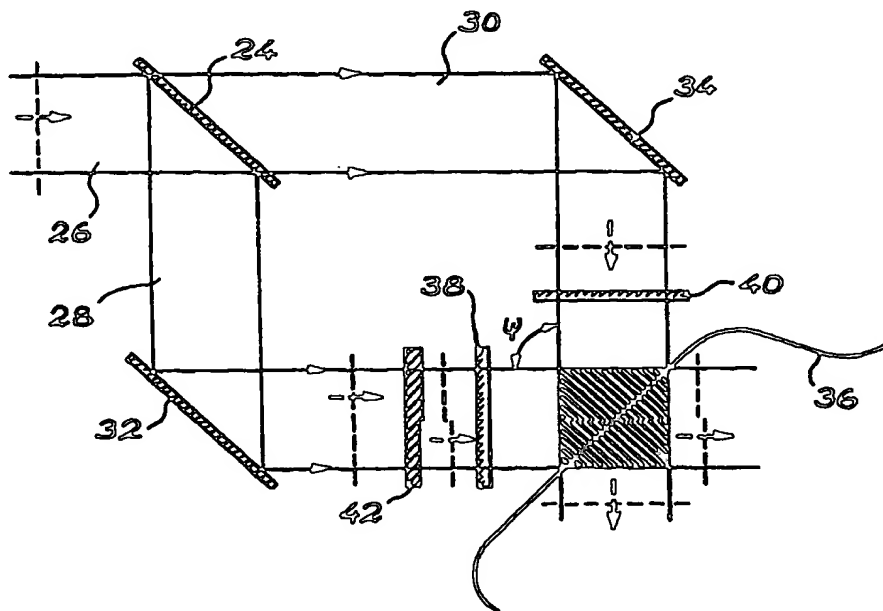
(54) Titre: PROCEDE D'INSCRIPTION DE RESEAUX DE BRAGG, APPAREIL POUR LA MISE EN OEUVRE DE CE PROCEDE ET DISPOSITIFS A RESEAUX DE BRAGG OBTENUS PAR CE PROCEDE

## (57) Abstract

The invention concerns a method for forming a Bragg grating in an optical waveguide (36) which consists in directly transferring into the substrate, by a photosensitivity phenomenon within said substrate itself, the interference figure between two light beams (28, 30) offset at an angle, of same wavelength and coherent, said interference figure being transferred, in the substrate, in the form of a modulation of the substrate refractive index. At least one of the beams is divided with a phase plate (42) into at least into two sub-beams with phase displacement with respect to each other.

## (57) Abrégé

Selon l'invention, pour inscrire un réseau de Bragg dans un guide de lumière (36) on transfère directement dans le substrat, par un phénomène de photosensibilité utilisé au sein même dudit substrat, la figure des interférences entre deux faisceaux lumineux (28, 30) angulairement décalés, de même longueur d'onde et cohérents, cette figure d'interférences étant transférée, dans le substrat, sous la forme d'une modulation d'indice de réfraction de ce substrat. Au moins l'un des faisceaux est divisé avec une lame de phase (42) en au moins deux sous-faisceaux présentant un décalage de phase l'un par rapport à l'autre.



### UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

PROCÉDÉ D'INSCRIPTION DE RÉSEAUX DE BRAGG, APPAREIL  
POUR LA MISE EN OEUVRE DE CE PROCÉDÉ ET DISPOSITIFS À  
RÉSEAUX DE BRAGG OBTENUS PAR CE PROCÉDÉ

DESCRIPTION

5    DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention concerne un procédé d'inscription de réseaux de Bragg (« Bragg gratings ») ainsi qu'un appareil pour la mise en oeuvre de ce procédé.

10           Elle s'applique à l'obtention d'un grand nombre de dispositifs à réseaux de Bragg et, en particulier, à la fabrication de réseaux de Bragg à saut de phase et haute sélectivité spectrale, à la sur-  
15 inscription d'un réseau de Bragg pour en effacer un autre, à la fabrication de cavités de Fabry-Pérot et à la fabrication de réseaux de Bragg à enveloppe de modulation d'indice prédéfinie, tant pour les fibres optiques que pour les guides optiques intégrés.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

20           Les réseaux de Bragg ont fait leur apparition dans le domaine des fibres optiques il y a une vingtaine d'années. Auparavant, ces composants étaient couramment utilisés dans le domaine de l'optique intégrée, en acousto-optique et dans les  
25 semi-conducteurs, par exemple dans les lasers à réflecteur de Bragg réparti (« Distributed Bragg Reflector lasers »).

Un réseau de Bragg classique se comporte comme un filtre spectral vis-à-vis de l'onde qui le traverse. Il réfléchit une bande de longueurs d'onde de largeur donnée (typiquement quelques centaines de  
5 picomètres) autour d'une valeur centrale de résonance  $\lambda_B$  dite longueur d'onde de Bragg. En transmission, par complémentarité, le spectre de l'onde guidée perd cette même bande de longueurs d'onde (voir la figure 1 sur laquelle les variations de la transmission  $T$  d'un  
10 réseau de Bragg classique sont représentées en fonction de la longueur d'onde  $\lambda$ , avec  $\lambda_B = 1319$  nm).

Un réseau de Bragg a de nombreuses applications, principalement dans le domaine des télécommunications (par exemple pour le multiplexage,  
15 le démultiplexage, les dispositifs d'insertion-extraction (« add-drop devices »), les lasers à contre-réaction répartie (« Distributed Feed Back lasers »). Réalisé dans une fibre optique, ce réseau de Bragg a aussi révolutionné le domaine des capteurs à fibres  
20 optiques grâce à son rôle de transducteur (par exemple pour les températures et les allongements).

On connaît les réseaux de Bragg classiques, formés par une modulation sinusoïdale simple dont la réponse spectrale est donnée sur la figure 1, et des  
25 réseaux de Bragg évolués dans lesquels la modulation sinusoïdale est modifiée pour permettre la création de filtres de formes spectrales particulières : on a ainsi la possibilité d'améliorer les réseaux de Bragg classiques suivant le domaine d'application considéré  
30 ou les besoins, voire même de réaliser de nouveaux composants.

En pratique, la réalisation d'un réseau de Bragg évolué nécessite un procédé et un appareil ayant

un certain nombre de qualités. Les problèmes à résoudre sont les suivants :

- l'appareil doit permettre de réaliser un réseau de Bragg conforme au résultat théorique attendu,
- 5 - le procédé de fabrication que l'on met en oeuvre avec l'appareil doit permettre d'avoir accès à un certain nombre de paramètres qui entrent en jeu lors de la réalisation des réseaux de Bragg,
- des inscriptions successives de deux réseaux de Bragg  
10 par le même protocole doivent donner le même résultat,
- le procédé et l'appareil doivent être simples et permettre à toute personne travaillant dans ce domaine d'obtenir le réseau de Bragg recherché, et
- 15 - pour pouvoir être commercialisé, l'appareil doit être peu coûteux et permettre la réalisation de diverses familles de réseaux de Bragg à un prix peu élevé.

#### EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention a pour but de  
20 résoudre les problèmes précédents.

L'invention a tout d'abord pour objet un procédé d'inscription, dans un substrat transparent formant guide de lumière, notamment dans une fibre optique, d'un réseau de Bragg formant un filtre  
25 spectral vis-à-vis d'une onde lumineuse qui le traverse, procédé selon lequel on transfère directement dans le substrat, par un phénomène de photosensibilité utilisé au sein même dudit substrat, la figure des interférences entre deux faisceaux lumineux  
30 angulairement décalés, de même longueur d'onde et cohérents, cette figure d'interférences étant

transférée, dans le substrat, sous la forme d'une modulation d'indice de réfraction de ce substrat, ce procédé étant caractérisé en ce que au moins l'un desdits faisceaux lumineux est divisé en au moins deux sous-faisceaux présentant un décalage de phase l'un par rapport à l'autre.

Selon un premier mode de mise en oeuvre particulier du procédé objet de l'invention, la figure des interférences est transférée selon une configuration à séparation d'amplitude.

Selon un deuxième mode de mise en oeuvre particulier, la figure des interférences est transférée selon une configuration à séparation du front d'onde.

Dans l'invention, il est possible de modifier au cours du temps la position du décalage de phase ou la valeur de ce décalage de phase ou la position et la valeur de ce décalage de phase dans le faisceau lumineux formé par les deux sous-faisceaux.

L'invention concerne aussi un appareil pour la mise en oeuvre du procédé objet de l'invention, cet appareil étant caractérisé en ce qu'il comprend :

- au moins une lame de phase apte à créer, entre au moins deux sous-faisceaux, un décalage de phase grâce à une différence de chemin optique, et
- un moyen de réglage de la position de la lame de phase, ce moyen de réglage ayant au moins deux degrés de liberté, l'un étant un degré de liberté angulaire prévu pour régler la valeur du décalage de phase et l'autre étant un degré de liberté de translation prévu pour régler la position du décalage de phase dans le faisceau lumineux formé par les deux sous-faisceaux.

L'appareil objet de l'invention est simple quant à sa constitution, son réglage et son utilisation, et a une grande souplesse d'emploi.

Selon un premier mode de réalisation particulier de l'appareil objet de l'invention, cet appareil comprend en outre des moyens interférométriques à deux ou trois miroirs pour le transfert de la figure des interférences selon une configuration à séparation d'amplitude.

Selon un deuxième mode de réalisation particulier, cet appareil comprend en outre des moyens interférométriques à prisme ou à miroir replié de Lloyd pour le transfert de la figure des interférences selon une configuration à séparation du front d'onde.

L'invention concerne aussi :

- un réseau de Bragg à saut de phase et haute sélectivité spectrale obtenu par le procédé objet de l'invention, le décalage de phase que présentent les deux sous-faisceaux étant avantageusement égal à  $\pi$ ,
- un réseau de Bragg obtenu par le procédé objet de l'invention, ce réseau de Bragg étant identique à un réseau de Bragg pré-inscrit et étant inscrit sur ce dernier, à la même position, avec un changement de phase de  $\pi$  sur toute la longueur du réseau pré-inscrit, pour effacer ce dernier en totalité ou en partie afin d'obtenir un coefficient de réflexion donné,
- une cavité de Fabry-Pérot délimitée par deux réseaux de Bragg spatialement espacés, ces deux réseaux de Bragg étant obtenus par le procédé objet de l'invention,

- un réseau de Bragg à enveloppe de modulation d'indice déterminée notamment un réseau de Bragg apodisé, obtenu par le procédé objet de l'invention par inscriptions successives de deux réseaux de Bragg comprenant des parties en opposition de phase, la sur-inscription d'un réseau de Bragg sur l'autre se faisant durant des temps variables, pour un positionnement variable du décalage de phase et pour une valeur variable de ce dernier, la position du décalage de phase étant par exemple déplacée avec un mouvement programmable.

#### BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés ci-après, à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1, déjà décrite, montre les variations de la transmission d'un réseau de Bragg classique en fonction de la longueur d'onde,
- la figure 2 illustre schématiquement le schéma d'interférences de deux ondes planes sans lame de phase,
- la figure 3 illustre schématiquement le schéma d'interférences de deux ondes planes en présence d'une lame de phase,
- la figure 4 illustre schématiquement des lames de phase placées en série,
- la figure 5 illustre schématiquement une lame de phase courbe,



- la figure 6 illustre schématiquement une lame de phase formée par une lentille,
- la figure 7 illustre schématiquement une lame de phase à changement d'indice,
- 5    ◦ la figure 8 illustre schématiquement une lame de phase inclinée par rapport à un faisceau lumineux incident,
- la figure 9 illustre schématiquement un dispositif de support de lame de phase utilisable  
10    dans l'invention,
- la figure 10 illustre schématiquement un procédé d'inscription à séparation d'amplitude d'un réseau de Bragg à saut de phase conformément à l'invention, dans le cas d'un montage par  
15    irradiation transverse,
- la figure 11 illustre schématiquement un procédé d'inscription à séparation du front d'onde d'un réseau de Bragg à saut de phase conformément à l'invention, utilisant la méthode du prisme,
- 20    ◦ la figure 12 illustre schématiquement un procédé d'inscription également à séparation du front d'onde d'un réseau de Bragg à saut de phase conformément à l'invention, utilisant un miroir de Lloyd,
- 25    ◦ la figure 13 montre les variations de la transmission d'un réseau de Bragg avec un saut de phase en fonction de la longueur d'onde,
- la figure 14 illustre schématiquement une double réflexion partielle dans un réseau de Bragg  
30    autour d'un changement de phase dû à une cavité,

- la figure 15 illustre schématiquement le couplage de modes propagatif et contra-propagatif dans un réseau de Bragg à saut de phase,
- la figure 16 illustre schématiquement un exemple d'une modulation d'indice à enveloppe linéaire, et
- la figure 17 illustre schématiquement un exemple d'une modulation d'indice apodisée par une courbe gaussienne.

## 10 EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

Conformément à la présente invention, on engendre des interférences avec un ou une pluralité de déphasages grâce à un ou une pluralité d'éléments optiques déphasants ou lames de phase.

On considère d'abord (figure 2) le cas simple de deux ondes lumineuses planes  $O_1$  et  $O_2$ , issues d'un même faisceau lumineux et sans lame de phase. Les champs électriques de ces deux ondes sont notés  $\vec{E}_1$  et  $\vec{E}_2$ , les plans d'onde correspondants  $P_1$  et  $P_2$  et les vecteurs d'onde correspondants  $\vec{k}_1$  et  $\vec{k}_2$ . le module de  $\vec{k}_1$  et  $\vec{k}_2$  est noté  $k$ , celui de  $\vec{E}_1$  et  $\vec{E}_2$  est noté  $\xi_0$ . L'intensité  $I(z)$  résultant de l'interférence de ces deux ondes sur l'axe  $Oz$  de la figure 2 est de la forme :

$$I(z) = 2 \cdot \xi_0^2 \cdot [1 + \cos(2k \sin(\Psi) \cdot z)]$$

La période de la modulation ainsi créée dépend de l'angle  $\psi$  que font les vecteurs d'onde  $\vec{k}_1$  et

$\vec{k}_2$  par rapport à l'axe OZ d'observation des franges d'interférence.

La succession de franges sombres et brillantes peut être transférée dans un guide d'onde par un phénomène photosensible dont l'efficacité dépend de nombreux paramètres tels que le type du matériau du guide, la puissance des faisceaux d'inscription, le temps d'exposition par exemple. On est ainsi capable d'inscrire un réseau de Bragg dans le guide.

On considère maintenant les interférences de ces deux ondes lorsqu'une lame de phase 2 est disposée sur le trajet de l'onde  $O_2$  parallèlement au plan d'onde  $P_2$  conformément à l'invention. On reprend les mêmes notations que précédemment en tenant compte de l'effet de la lame sur  $\vec{E}_2$  (figure 3).

On voit deux zones I et II correspondant à deux sous-faisceaux parallèles formés par l'onde  $O_2$  après qu'elle ait traversé la lame 2 dont l'épaisseur en regard de la zone II est supérieure à l'épaisseur en regard de la zone I. L'intensité  $I(z)$  devient alors :

$$I(z) = 2\xi_0^2 (1 + \cos(2k \sin(\Psi)z)) \quad \text{pour } 0 < z < z_c$$

$$I(z) = 2\xi_0^2 (1 + \cos(2k \sin(\Psi)z + \Delta\Phi)) \quad \text{pour } z_c < z < z_f$$

Le changement ou décalage de phase  $\Delta\Phi$  introduit par la lame de phase dans l'un des deux faisceaux associés aux ondes se retrouve dans la modulation d'intensité qui va générer le réseau de Bragg.

Sur Oz l'abscisse de changement de phase est déterminée par la position relative de la lame 2 par rapport au faisceau  $O_2$ . Cette abscisse  $z_c$  peut donc

être modifiée très facilement par translation de la lame suivant un axe  $y$  parallèle à cette lame. On voit que la zone des interférences est délimitée par les abscisses 0 et  $z_f$  sur l'axe  $Oz$ .

5                   La valeur  $\Delta\Phi$  est déterminée par la différence de chemin optique dans la lame entre les zones I et II. Cette lame peut être réalisée de manière à avoir  $\Delta\Phi=\pi$ . De plus cette valeur peut être très simplement modifiée par rotation de la lame selon un  
10 angle  $\theta$  pour incliner cette lame par rapport au faisceau  $O_2$ .

Conformément à l'invention, on peut aussi faire interférer deux ondes avec changements de phase multiples : de même que sur la figure 3 une lame de  
15 phase comportant une marche induit un déphasage dans la figure d'interférence, de même il est possible de placer dans l'un  $O_3$  des deux faisceaux (par exemple ultraviolets) qui interfèrent une série de lames 4, 6, 8 disposées les unes à la suite des autres (figure 4).  
20 On obtient alors une figure d'interférence avec une série de changements de phase correspondant à des marches respectives 10, 12, 14 des lames 4, 6, 8.

Une autre solution est de réunir cette série de lames en une seule lame qui induit une série  
25 de déphasages par de multiples changements de chemin optique (lame en escalier).

On explique maintenant la réalisation d'une lame de phase. Le matériau qui constitue cette lame doit être transparent à la (ou aux) longueur(s) d'onde  
30 qui va (ou vont) servir à l'inscription du réseau de Bragg par photosensibilité dans un guide de lumière.

Dans ce qui suit, on présente la réalisation d'une lame à changement de phase unique

mais on pourrait réaliser d'une manière semblable des lames induisant une pluralité de changements de phase.

La lame, ou élément optique déphasant, la plus facile à réaliser et la plus pratique à utiliser est une lame parallélépipédique. Lorsqu'elle est introduite dans un faisceau, le front d'onde d'entrée est conservé à la sortie avec seulement un ou plusieurs déphasages supplémentaires résultant d'au moins deux chemins optiques différents (figure 3).

Pour certaines applications de l'invention, on peut avoir besoin d'une lame non parallélépipédique en vue d'adapter la configuration de cette lame au front d'onde du faisceau à déphaser. On peut par exemple avoir besoin d'un changement de phase sans changement des caractéristiques de propagation d'un faisceau non parallèle dans lequel est introduit la lame : à titre d'exemple (figure 5) on peut réaliser une lame 9 délimitée par deux faces 11 et 13 cylindriques coaxiales ; grâce à la transition de chemin optique symbolisée par la ligne 15, une telle lame, placée dans un faisceau qui converge sur l'axe commun aux faces, induit sur le faisceau un déphasage comme dans l'exemple de la figure 3.

On peut aussi avoir besoin d'un changement de phase avec changement des caractéristiques de propagation du faisceau. Pour ce faire on peut par exemple utiliser une lentille que l'on peut considérer comme une lame non parallélépipédique. L'introduction du changement de phase se fait alors par le même principe que précédemment. Dans l'exemple de la figure 6 on voit une lentille cylindrique 16 qui focalise un faisceau tout en lui appliquant un saut de phase grâce

à la transition de chemin optique symbolisée par la ligne 17.

Le saut de phase dans la lame peut être obtenu par changement d'épaisseur de celle-ci. On peut  
5 procéder par gravure d'une ou plusieurs parties de la lame ou par dépôt d'une ou plusieurs couches sur une ou plusieurs parties de la lame. En considérant par exemple une lame à deux zones d'épaisseurs respectives  $e_1$  et  $e_2$ , le front d'onde est déformé après avoir  
10 traversé la lame, du fait du déphasage  $\Delta\Phi = (2\pi / \lambda) (n - 1) (e_2 - e_1)$  où  $n$  est l'indice du matériau de la lame et  $\lambda$  la longueur d'onde du faisceau qui traverse celle-ci.

On peut aussi utiliser une lame d'épaisseur  
15  $e_2$  que l'on introduit sur une certaine épaisseur du faisceau perpendiculairement aux plans d'onde de celui-ci (d'où  $e_1=0$ ).

L'indice de propagation de l'onde dans une ou plusieurs parties de la lame peut aussi être modifié  
20 pour induire un ou plusieurs changements de chemin optique et donc un ou plusieurs sauts de phase. Considérons par exemple une lame d'épaisseur  $e$  et d'indice  $n$ . Si l'indice devient  $n'$  sur une épaisseur  $e'$  comme le montre la figure 7 on obtient  
25  $e'(n'-n) = (2k + 1)\lambda / 2$  ( $k$  : nombre entier). Cependant, lors d'une inclinaison de la lame (ce qui permet de régler le déphasage), les deux faisceaux ne « voient » pas le même indice et sont donc déviés différemment. Il convient donc d'utiliser une lame de phase à changement  
30 d'indice sous incidence normale.

Dans le cas d'une lame à changement d'épaisseur, il est possible d'obtenir différentes valeurs de déphasage en changeant l'angle d'inclinaison

$\theta$  de la lame par rapport au faisceau sans y induire de séparation angulaire. L'inclinaison ou rotation peut se faire autour d'un axe A (figure 8) qui est parallèle aux arêtes de la marche qui délimite le saut de phase ou autour d'un axe B perpendiculaire aux arêtes de la marche et dans un plan parallèle aux deux faces de la lame.

Le déphasage s'écrit en fonction de  $\theta$  et de  $\theta'$ , avec  $\theta' = \arcsin \left( \frac{\sin \theta}{n} \right)$ ,  $\Delta e = e_2 - e_1$  étant l'épaisseur du dépôt :

$$\Delta \Phi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \Delta e \cdot \left[ \frac{n}{\cos \theta'} - \frac{1}{\cos \theta} + \sin \theta \cdot (\operatorname{tg} \theta - \operatorname{tg} \theta') \right]$$

A titre d'exemple, on peut effectuer un dépôt de silice fondue sur une lame de silice fondue de qualité optique (qualité de surface :  $\lambda/10$ ) pour une utilisation à  $\lambda = 244$  nm. Afin d'obtenir une variation de  $\pm \pi$  sur la valeur initiale du déphasage (égale à  $\pi$ ) pour une variation angulaire de  $\pm 45^\circ$ , on choisit l'ordre  $k=4$ . L'épaisseur  $\Delta e = e_2 - e_1$  du dépôt a donc pour valeur :

$$(2k + 1) \frac{\lambda}{2(n - 1)} = 2,15 \text{ } \mu\text{m}$$

avec  $n = 1,51148$  à 244 nm.

On a représenté sur la figure 9 un dispositif 18 de support d'une lame de phase 20 permettant l'introduction de celle-ci dans un faisceau. Ce dispositif comprend des moyens de réglage qui lui donnent divers degrés de liberté. L'ordre d'empilement de ces moyens de réglage est arbitraire. Dans l'exemple représenté, six moyens de réglage 19-1 à 19-6

correspondant à six degrés de liberté  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\theta$ ,  $y$ ,  $z$  et  $x$  qui sont indiqués sur la figure 9 («  $y$  », «  $z$  » : translations suivant des axes perpendiculaires  $y$  et  $z$  ; «  $x$  » : translation suivant un axe  $x$  perpendiculaire à  $y$  et à  $z$  ; «  $\alpha$  », «  $\beta$  » et «  $\theta$  » : rotations autour d'axes respectivement parallèles à  $y$ ,  $z$  et  $x$ ). Cependant suivant la configuration de la lame, suivant le front d'onde du faisceau incident et suivant le montage interférométrique dans lequel il doit être inséré, le dispositif de support peut avoir plus ou moins de degrés de liberté ( $z$  n'est par exemple pas indispensable).

Afin de faciliter l'emploi du dispositif de support un ou plusieurs moyens de réglage sont relié à un ou plusieurs moteurs commandés par un logiciel.

A titre d'exemple on peut régler une lame parallélépipédique grâce à cinq degrés de liberté :

- $\alpha$  et  $\beta$  pour assurer la bonne verticalité des arêtes 22 du saut de matière, chose que l'on peut aussi obtenir par construction,
- $x$  pour positionner la lame dans le faisceau,
- $\theta$  pour régler la valeur du déphasage,
- $y$  pour régler la position du saut de phase dans le réseau de Bragg.

On considère maintenant l'introduction d'un appareil conforme à l'invention dans un montage interférentiel. On a choisi de présenter des montages d'inscription de réseaux de Bragg dans des fibres optiques (par exemple des fibres dont le coeur est dopé au  $\text{GeO}_2$ ) mais l'invention s'applique aussi à l'inscription de réseaux dans des guides optiques intégrés.



Dans les exemples qui suivent, on montre différentes configurations de montages interférentiels avec l'introduction d'un dispositif à lame de phase permettant l'introduction d'un changement de phase unique dans un réseau de Bragg. On considère deux configurations d'inscription d'un réseau de Bragg. La première est une configuration de séparation d'amplitude dans laquelle les deux faisceaux sont séparés en ce qui concerne l'énergie mais conservent la même forme. La deuxième est une configuration de séparation du front d'onde.

Nous distinguons deux montages pour la configuration de séparation d'amplitude. Le premier correspond au montage holographique décrit dans le document (10) qui comme les autres documents cités par la suite est mentionné à la fin de la présente description.

Le deuxième correspond au montage à trois miroirs (voir le document (1)). Dans ces deux cas, une lame séparatrice 24 (figure 10) divise un faisceau lumineux 26 en deux faisceaux identiques 28 et 30. Un système interférométrique à deux ou trois miroirs (deux miroirs 32 et 34 dans l'exemple de la figure 10) superpose au niveau de la fibre 36 ces deux faisceaux 28 et 30 qui font un angle  $\Psi$  déterminé. Les interférences ainsi créées inscrivent le réseau dans la fibre par l'intermédiaire de lentilles cylindriques de focalisation 38 et 40. Il faut placer la lame de phase 42 dans l'un des deux faisceaux qui interfèrent.

D'une manière générale, l'inconvénient du montage de séparation d'amplitude tient à ce qu'il faut régler la lame de phase à chaque modification de la longueur d'onde de Bragg car l'orientation du faisceau

d'insolation s'en trouve modifiée. Pour s'affranchir de cet inconvénient il faut que le dispositif (non représenté) de support de la lame soit commandé, suivant les degrés de liberté  $y$  et  $\theta$  (voir plus haut),  
5 par un programme prenant en compte les mouvements des faisceaux du montage qui sont nécessaires au réglage de la longueur d'onde de Bragg.

On considère maintenant des configurations de séparation du front d'onde et tout d'abord un  
10 montage interférométrique à prisme. Il convient de noter que la méthode de séparation du front d'onde offre l'avantage de pouvoir placer la lame de phase juste après le système d'expansion du faisceau, avant la séparation du front d'onde. Un avantage important de  
15 cette configuration tient à ce que le décalage de phase peut être réglé, par rotation de la lame, indépendamment du réglage de la longueur d'onde de Bragg qui est obtenu par rotation du système interférométrique.

20 La méthode d'inscription par prisme (voir le document (8)) est schématiquement illustrée par la figure 11 où un faisceau étendu 44 est « replié sur lui-même » par réflexion sur une face du prisme 46. Sur la figure 11 la référence 48 représente une lentille  
25 cylindrique. On voit que la détermination de la longueur d'onde de Bragg, fixée par l'inclinaison des deux faisceaux qui interfèrent, peut être réglée par rotation du prisme, contre lequel est placée la fibre 36. Si cette rotation se fait autour d'un axe  
30 perpendiculaire au plan de la figure et passant par le saut de phase projeté dans la fibre optique, alors la lame de phase 42 placée sur la trajectoire du faisceau

44, avant la lentille 48, n'a pas à être réglée pour les différentes positions du prisme.

On peut aussi utiliser une méthode de séparation du front d'onde qui utilise un miroir de Lloyd (voir le document (11)) et qui est illustrée par la figure 12. Afin de permettre une plus grande flexibilité dans le réglage des paramètres, on utilise un deuxième miroir de renvoi, symétrique du miroir de Lloyd par rapport au centre du réseau, ainsi qu'un système d'acquisition de type caméra CCD, sensible au rayonnement ultraviolet et en particulier à la longueur d'onde d'inscription (244 nm dans notre cas), permettant la visualisation et le réglage des faisceaux d'inscription.

Afin d'inscrire un réseau de Bragg par photosensibilité dans une fibre optique 36, on emploie avantageusement un laser à argon doublé en fréquence 50 qui émet un faisceau 52 de longueur d'onde 244 nm mais d'autres raies du laser, voire d'autres lasers tels qu'un laser excimère KrF ou un laser YAG dopé néodyme quadruplé en fréquence, peuvent également être utilisés.

Le faisceau 52 est réfléchi par une série de miroirs tels que le miroir 54 puis est filtré et étendu par deux télescopes, l'un sphérique 56 et l'autre cylindrique 58 après avoir traversé un périscope 60. Le faisceau traverse ensuite la lame de phase 42 placée sur un dispositif de support 61 à plusieurs degrés de liberté. Le faisceau, dont le front d'onde a été modifié, est ensuite focalisé par une lentille cylindrique 62 dans le coeur de la fibre optique 36. Celle-ci se trouve au bord du miroir de Lloyd 64, qui « replie » les deux demi-parties de

faisceau sur elles-mêmes. Ainsi, le faisceau crée des interférences focalisées dans le coeur de la fibre, sur une longueur définie par la position d'un cache 66. La lentille cylindrique 62 et le miroir 64 sont respectivement placés sur deux platines de rotation 63 et 65 qui peuvent être avantageusement motorisées. Leur orientation par rapport au faisceau détermine la longueur d'onde de Bragg du réseau inscrit. Notons que la polarisation du faisceau laser est verticale (normale au plan de travail).

Un second miroir 68, placé symétriquement par rapport au centre du réseau à inscrire, permet de visualiser la répartition d'intensité inscrivant le réseau. Quand le faisceau est focalisé légèrement au-dessus de la fibre, le second miroir renvoie un faisceau divergent semblable à celui qui se propage sans réflexion. Ces deux parties de faisceau sont collimatées par une lentille cylindrique jouant le rôle inverse de la lentille 62 et sont finalement analysées par une caméra CCD 72 munie d'un objectif 74 de grandissement approprié.

La répartition d'intensité dans le plan de la caméra CCD est caractéristique de l'enveloppe de la répartition d'intensité des deux demi-parties de faisceau sur la ligne de focalisation au niveau du miroir de Lloyd. A condition de pouvoir corriger l'effet de la diffraction de Fresnel entre le réseau et la caméra, on peut, à partir de cette répartition, déterminer l'enveloppe de l'intensité du faisceau générant le réseau de Bragg. C'est cette propriété du montage qui permet de régler le positionnement (par l'intermédiaire du degré de liberté  $y$ ) du ou des sauts de phase dans le réseau avec un contrôle optimum grâce

à la figure de diffraction générée par les effets de bord relatifs à chaque saut d'épaisseur de la lame de phase. Lorsque ce réglage est fait, on focalise le faisceau laser dans la fibre optique et l'inscription du réseau de Bragg désiré peut commencer.

On va maintenant donner différentes applications de l'invention à la réalisation de dispositifs à réseaux de Bragg.

A. L'invention s'applique à la fabrication de réseaux de Bragg à saut de phase, à haute sélectivité spectrale.

L'une des améliorations du réseau de Bragg a consisté à faire apparaître, dans la bande de longueur d'onde réfléchie, une fine bande secondaire de transmission appelée second pic de transmission. Le composant correspondant, généralement appelé « réseau de Bragg à saut de phase », permet ainsi de transmettre une longueur d'onde bien précise du spectre initial de l'onde guidée dans la bande de longueur d'onde réfléchie (voir la figure 13 à comparer à la figure 1).

Les applications d'un tel composant sont multiples dans les différents domaines où les réseaux de Bragg classiques sont employés. Il permet la réalisation de lasers accordables et de diodes-lasers. On peut aussi l'utiliser dans les systèmes de multiplexage et de démultiplexage en longueur d'onde. De plus sa très grande sélectivité en longueur d'onde en fait un transducteur plus performant que les réseaux classiques. Enfin il constitue un composant nouveau, de caractéristiques propres, qui peut être appliqué de manière simple à la résolution de nombreux problèmes d'optique guidée.

Afin de réaliser ce second pic de transmission, plusieurs techniques ont été mises au point. Toutes reprennent le principe de base d'un désaccord de phase entre deux parties d'un réseau de Bragg classique. L'onde guidée 76 (figure 14) qui traverse un réseau de Bragg classique 78 est réfléchi  
5 autour de la longueur d'onde de Bragg  $\lambda_{\text{Bragg}}$ , car la modulation de période  $\Lambda$  qui forme le réseau réfléchit de manière distribuée l'onde en phase autour d'une  
10 longueur d'onde de résonance (c'est-à-dire  $\lambda_{\text{Bragg}}$ ) donnée par la relation  $\lambda_{\text{Bragg}} = 2n \cdot \Lambda$ . Il apparaît un phénomène d'interférences constructives tout le long du réseau.

Si l'on forme un changement de phase au centre d'un tel réseau classique ( $n$  : indice effectif du mode), les deux moitiés de celui-ci interfèrent de  
15 manière destructive l'une par rapport à l'autre. La longueur d'onde ainsi sélectionnée ne peut plus se réfléchir, elle est transmise dans le second pic. Pour que la transmission ait lieu à  $\lambda_{\text{Bragg}}$  les deux parties  
20 qui interfèrent doivent « voir » un déphasage total  $\Delta\phi$  égal à  $\pi$  (modulo  $2\pi$ ), d'où le nom de « réseau de Bragg à saut de phase de  $\pi$  ».

Si l'on intercale au milieu du réseau une cavité résonante 80 de longueur telle que le déphasage  
25 total induit ait une valeur égale à  $\pi$ , on peut obtenir l'effet désiré. Alors on parle généralement d'un saut de phase de  $\pi/2$ , déphasage dû à la traversée de la cavité. On parle aussi de déphasage de  $\lambda/4$ , valeur de la largeur optique de la cavité nécessaire pour  
30 produire un déphasage aller-retour de  $\pi$ .

On peut aussi former un réseau à changement de phase. Dans ce cas, le désaccord de phase n'est plus dû à une cavité mais au changement même de la phase de la modulation périodique qui forme le réseau. Le

5 résultat est alors identique : pour deux modulations déphasées de  $\pi$  l'une par rapport à l'autre, un pic de transmission apparaît à la longueur d'onde de Bragg. Dans le cas d'une modulation d'indice d'amplitude  $\Delta n_0$  de période  $\Lambda$  suivant une abscisse  $z$  et pour un réseau

10 de longueur  $L$ , avec au centre un déphasage  $\Delta\Phi$ , la modulation d'indice a la forme suivante :

$$\Delta n(z) = \Delta n_0 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{\Lambda} z + \Phi_1\right) \quad \text{pour } 0 < z < \frac{L}{2}$$

$$\Delta n(z) = \Delta n_0 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{\Lambda} z + \Phi_1 + \Delta\Phi\right) \quad \text{pour } \frac{L}{2} < z < L$$

On étudie maintenant la réponse spectrale

15 d'un réseau de Bragg à saut de phase. On considère le cas d'une modulation périodique de l'indice de propagation dans le coeur d'une fibre optique. La modulation de l'indice est représentée par la formule :

$$\Delta n(z) = \Delta n_0 \cos\left(\frac{2\pi}{\Lambda} z + \Phi(z)\right)$$

20 avec  $\Phi(z)=0$  pour  $0 < z < z_t$  et  $\Phi(z)=\Delta\Phi$  pour  $z_t < z < z_f$ .

On considère maintenant les modes propagatifs et contra-propagatifs  $A^+$  et  $A^-$ . La modulation de l'indice va jouer le rôle d'une perturbation entraînant un couplage des deux modes.

25 Cela se traduit au travers des équations de couplage :

$$\frac{dA^-}{dz} = j\Omega A^+ e^{j[2\Delta\beta \cdot z + \Phi(z)]}$$

$$\frac{dA^+}{dz} = j\Omega A^- e^{-j[2\Delta\beta \cdot z + \Phi(z)]}$$

$\Omega$  est le coefficient de couplage à la longueur d'onde  $\lambda$ , dans une fibre de facteur de confinement  $\eta$   
 5 (proportion d'énergie guidée dans le coeur et interagissant avec le réseau) :  $\Omega = \frac{\pi\Delta n_0}{\lambda} \eta$

$\Delta\beta$  représente l'accord de phase entre la longueur d'onde de propagation et celle de résonance ( $n$  étant l'indice de propagation) :  $\Delta\beta = \frac{2\pi}{\Lambda} - \frac{4\pi n}{\lambda}$

10 Considérons maintenant les deux réseaux de Bragg classiques juxtaposés à l'abscisse  $z=z_c$  avec un saut de phase  $\Delta\Phi$ . On résout le système d'équations dans les deux zones avec les conditions aux limites définies dans la figure 15 :

$$\begin{aligned}
 15 \quad & A_1^+(0) = 1 & A_2^-(z_c) &= 0 \\
 & A_1^+(z_c) = A_2^+(z_c) & A_1^-(z_c) &= A_2^-(z_c)
 \end{aligned}$$

La valeur de  $|A_2^+(z_c)|^2$  fournit alors l'expression de la transmission spectrale du réseau en fonction de la longueur d'onde, de la modulation d'indice  $\Delta n_0$ , du déphasage  $\Delta\Phi$  et des longueurs  
 20 respectives des deux zones :  $l=z_c$  et  $l'=z_f-z_c$ . On montre



que la transmission d'un réseau à saut de phase unique s'écrit :

$$T(\lambda, \Delta n_0, \Delta \Phi, l, l') = \frac{\gamma^4}{\Gamma^2 + (C_1 - \Gamma)[C_1 - \Gamma(1 - 2 \cos(\Delta \Phi))] + C_2(C_2 - 2\Gamma \sin(\Delta \Phi))}$$

$$\text{avec : } \gamma^2 = \Omega^2 - \Delta \beta^2 \quad L = l + l'$$

$$\begin{aligned} S &= \sinh(\gamma.l) \cdot \sinh(\gamma.l') & C_1 &= \gamma^2 \cosh(\gamma L) \\ \Gamma &= \Omega^2 S & C_2 &= \Delta \beta \gamma \sinh(\gamma L) \end{aligned}$$

On peut aisément vérifier que pour  $\Delta \Phi = 0$  on retrouve bien la formule typique de transmission du réseau de Bragg uniforme.

Si  $\Delta \Phi = \pi$  et  $l = l'$  la formule se simplifie et l'on obtient :

$$T = \frac{\gamma^4}{\Delta \beta^2 (\Delta \beta^2 \cosh^2(\gamma L) + \gamma^2 \sinh^2(\gamma L) - 2\Omega^2 \cosh(\gamma L)) + \Omega^4}$$

On remarque que si l'on se place à la longueur d'onde de résonance,  $\Delta \beta = 0$ , on a alors  $T = 1$  quelles que soient les valeurs de  $\Delta n_0$  et de  $L$ .

Si  $\Delta \Phi = \pi$  et  $l \neq l'$  la valeur de la transmission à la longueur d'onde de Bragg n'est plus égale à l'unité. On a :

$$T(\lambda_{\text{Bragg}}) = \frac{1}{\cosh^2[\Omega(l - l')]}$$

Ainsi le déplacement transverse de la lame de phase dans le faisceau d'inscription permet-il de changer précisément la valeur du coefficient de transmission du filtre à  $\lambda_{\text{Bragg}}$ .

Si  $\Delta\Phi \neq \pi$  la position du pic secondaire en transmission n'est plus accordée sur la longueur d'onde de Bragg.

Différentes méthodes sont déjà connues pour la fabrication des réseaux à saut de phase en particulier la méthode qui utilise des masques à changement de phase. Dans le document (4) la méthode utilisée est la lithographie à doublage spatial de fréquence (SFDL) : un réseau est tout d'abord réalisé sur un masque grâce au système de projection de faisceau d'électrons (EBES) puis le réseau de Bragg est inscrit dans le guide par SFDL. Dans le document (7) le réseau de Bragg à saut de phase est inscrit grâce à la méthode du masque de phase. Le masque est constitué d'un réseau avec un saut de phase dans sa période de modulation, qui est transmis par photosensibilité dans le coeur de la fibre et la valeur du saut de phase dans le réseau de Bragg est fixée par celle du réseau du masque. Avec cette deuxième méthode connue les paramètres ne sont pas modifiables de façon directe et donc le coût d'une réalisation bien spécifique et limitée est très élevé car il faut créer un masque pour chaque position spectrale du réseau.

On indique maintenant des avantages de l'invention pour fabriquer ces réseaux à saut de phase dans des fibres optiques (mais l'invention s'applique aussi aux guides optiques intégrés) :

1. Grande « flexibilité » de fabrication : l'ajustement de la fonction de transfert en transmission du réseau à saut de phase, à savoir le niveau de transmission et la position spectrale du pic, est réglé de façon simple et décorrélée. Le premier réglage (transmission) se

fait par le décalage de la lame par rapport au  
demi-front d'onde d'insolation (degré de liberté  
y) et le second (position spectrale) par la  
rotation de la lame par rapport au faisceau  
5 (degré de liberté  $\alpha$  ou  $\theta$ ). La longueur d'onde de  
Bragg du réseau inscrit est indépendante de la  
lame. Celle-ci peut donc permettre de réaliser  
le spectre recherché à n'importe quelle position  
dans la bande de longueur d'onde habituelle pour  
10 de telles applications. C'est l'avantage  
principal qu'offre le procédé objet de  
l'invention par rapport à la méthode du masque  
de phase. De plus comme l'invention n'influe que  
sur la phase, tout type de réseau peut être  
15 inscrit (par exemple réseau à pas de modulation  
variable ou réseau apodisé).

2. Maîtrise du résultat : le réglage des différents  
paramètres se fait grâce à des mouvements de la  
lame (avec des platines de rotation et de  
20 translation avantageusement motorisées). Comme  
ces mouvements peuvent être quantifiés très  
précisément, l'appareil permet une très bonne  
maîtrise de la réalisation du réseau.

3. Reproductibilité du processus de réalisation :  
25 elle est aussi bonne que celle d'un réseau de  
Bragg classique inscrit par un montage  
interférométrique car la réalisation d'un réseau  
à saut de phase se fait en une seule étape.

4. Facilité de mise en oeuvre : la mise en oeuvre  
30 de l'appareil est très simple, il suffit de le  
placer dans le faisceau d'inscription et de  
procéder aux réglages d'ajustement par les  
platines de mouvement. Tout comme pour la

méthode du masque de phase, l'inscription du réseau se fait en une seule étape ce qui est ici aussi un avantage important face aux autres méthodes.

- 5        5. Coût de réalisation : le coût de l'appareil n'est pas très élevé car la fabrication de la lame de phase par dépôt n'est pas chère et son montage sur les platines de mouvement est relativement simple. Comme, de plus, l'appareil  
10 permet d'inscrire toutes les longueurs d'onde possibles on peut le juger comme très rentable. L'appareil est aussi économiquement intéressant car il permet de réaliser d'autres composants.

15        Un avantage de l'appareil vient aussi de ses possibilités d'adaptation. Il permet d'inscrire des réseaux de Bragg à saut de phase aussi bien dans les fibres optiques que dans les guides planaires, voire les semi-conducteurs. Comme la lame n'influe que sur la phase du faisceau, on peut adapter au procédé  
20 d'inscription des modifications habituellement employées dans l'inscription des réseaux de Bragg (par exemple l'apodisation de la réponse spectrale qui permet la réduction des lobes spectraux secondaires dans le spectre de transmission).

25        Si l'on place plusieurs lames de phase dans le trajet du faisceau, on peut inscrire des réseaux de Bragg à sauts de phase multiples dont l'intérêt a déjà été souligné (voir le document (13)).

30        A titre d'exemple on a inscrit un réseau de Bragg à saut de phase avec les caractéristiques suivantes : longueur du réseau : 10 nm ; puissance d'insolation : 10 mW ; type de fibre optique : SMF28 hydrogénée ; durée d'inscription : 10 minutes. Après

l'inscription, on a analysé le spectre avec une source accordable de résolution 1 pm. Le tracé expérimental correspond bien au tracé théorique, fourni par les équations vues plus haut. Le saut de phase est  
5 déterminé par la comparaison des deux tracés.

B. L'invention s'applique aussi à la fabrication de réseaux de Bragg effaçables.

Lors de l'inscription d'un réseau de Bragg par une méthode interférométrique telle que celles qui  
10 ont été considérées plus haut, il peut arriver que la longueur d'onde de Bragg du réseau inscrit se trouve être différente de celle qui est attendue. Cela est dû à la mauvaise reproductibilité de ces méthodes (en particulier à cause de l'incertitude sur la  
15 connaissance de l'angle réel d'inscription). Il peut aussi arriver que, du fait d'une instabilité du montage ou à cause d'une erreur de réglage ou d'une mauvaise connaissance de l'indice effectif de propagation du guide, le réseau inscrit n'ait pas les caractéristiques  
20 initialement prévues. Généralement, la fibre où est inscrit ce réseau doit être sacrifiée.

Pour résoudre ce problème, une solution élégante consiste à pouvoir effacer les réseaux n'ayant pas les caractéristiques initialement voulues. Ainsi  
25 peut-on inscrire des réseaux-tests dans une fibre sans altérer les propriétés spectrales de celle-ci. De cette manière les méthodes interférométriques gagnent en reproductibilité.

On considère un réseau de Bragg inscrit  
30 dans un guide. Il peut être représenté par l'expression :

$$n(z) = n_0 + \Delta n_{\text{moy}} + \Delta n_0 \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi}{\Lambda} \cdot z\right)$$

Supposons que l'on inscrive ensuite un réseau identique au précédent à la même position avec seulement un changement de phase de  $\pi$  sur la longueur du réseau. On a alors :

5 
$$n(z) = n_0 + \Delta n_{\text{moy}} + \Delta n_0 \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi}{\Lambda} \cdot z\right) + \Delta n_{\text{moy}} - \Delta n_0 \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi}{\Lambda} \cdot z\right) = n_0 + 2 \Delta n_{\text{moy}}$$

Le terme de modulation a disparu, il ne reste qu'une augmentation moyenne de l'indice. Si l'on observe le spectre de transmission autour de la longueur d'onde de Bragg on ne voit plus d'effet de  
10 filtrage. Le réseau de Bragg a été effacé.

Une solution pratique possible serait de déplacer le réseau en translation d'une demi-période afin de réinscrire un réseau en opposition de phase mais cela nécessiterait d'avoir recours à une platine  
15 de translation précise à au moins 0,1 micromètre (le pas des interférences est généralement voisin de 0,5  $\mu\text{m}$ ). De plus la translation risquerait de dégrader le réglage de focalisation dans le coeur.

L'invention résout ce problème de façon  
20 très simple et peu coûteuse. La lame de phase est placée dans le faisceau grâce au dispositif à plusieurs degrés de liberté. La position du saut de phase se trouve en dehors du réseau de sorte que la phase est constante dans celui-ci. On inscrit alors le réseau de  
25 la même manière que s'il n'y avait pas de lame. Si la décision est prise d'effacer le réseau, alors on commande au dispositif une translation de la lame de manière à faire un changement de phase de  $\pi$  sur l'ensemble du réseau. Dans le cas du montage à miroir  
30 de Lloyd cela revient par exemple à venir placer le saut de phase sur l'axe optique du faisceau de manière

à déphaser les deux parties interférentes de  $\pi$ . On prolonge alors l'inscription jusqu'à ce que le spectre du réseau disparaisse. On a finalement l'effet de ce que l'on peut appeler une sur-inscription opposée.

5                   A titre d'exemple, on a inscrit un réseau de Bragg classique de 4 millimètres de longueur dans une fibre optique hydrogénée ( $140 \times 10^5$  Pa durant trois semaines). A un niveau donné de l'inscription, on a déplacé le dispositif en translation de manière à sur-  
10 inscrire en opposition de phase un réseau identique au précédent. Le coefficient de réflexion décroît après la translation du dispositif pour retrouver sa valeur initiale. Le temps d'effacement du réseau est égal au temps d'inscription et, après l'effacement total du  
15 précédent réseau, un nouveau réseau peut s'inscrire en continuité.

On indique maintenant l'intérêt de l'invention pour fabriquer des réseaux effaçables :

1. Grande « flexibilité » : contrairement à la solution  
20 qu'offre la translation, le réglage que l'on fait ici est indépendant de la valeur du pas de la modulation et donc de la longueur d'onde du réseau. Comme on ne change que la phase, on peut appliquer ce principe d'effacement à toutes sortes de réseaux  
25 (par exemple aux réseaux « chirpés » (« chirped gratings ») et aux réseaux avec un saut de phase).
2. Maîtrise du résultat : le changement de phase est un paramètre bien maîtrisé grâce à l'appareil. La translation de la lame ne nécessite pas une très  
30 grande précision : 0,1 mm est suffisant. A condition de pouvoir suivre l'évolution du spectre en temps réel, on peut effacer le réseau avec la précision souhaitée sur la valeur résiduelle de réflexion.

3. Reproductibilité : elle ne pose pas de problème ici.

Puisque le déphasage est maîtrisé, l'effacement se fait de manière reproductible.

4. Facilité de mise en oeuvre : à condition de pouvoir

5 suivre l'évolution des caractéristiques spectrales du réseau en temps réel, l'effacement ne présente aucune difficulté puisqu'il ne nécessite qu'une commande de translation sur le dispositif de support de lame et une obturation du faisceau laser au  
10 moment opportun.

Il convient de noter que, grâce à l'invention, le calibrage du banc d'inscription peut être fait régulièrement sans altérer le spectre de transmission de la fibre utilisée pour inscrire le  
15 réseau de test.

De plus, l'effacement du réseau permet d'obtenir un faible coefficient de réflexion à la fin de l'inscription et non pas au début. Ainsi, le réglage de la focalisation dans le coeur a déjà été faite et ne  
20 vient pas perturber la croissance du réseau.

C. L'invention s'applique aussi à la fabrication de réseaux de Bragg à cavité de Fabry-Perot.

Un interféromètre de Fabry-Perot comprend  
25 une cavité délimitée par deux miroirs de coefficients de réflexion  $R_1$  et  $R_2$ . Quand une onde lumineuse de longueur d'onde  $\lambda$  pénètre dans la cavité il se produit un phénomène de résonance accordé sur le déphasage induit par la cavité. Quand les deux miroirs sont sans  
30 pertes et que  $R_1=R_2=R$ , l'intensité à la sortie de l'interféromètre prend la forme classique suivante :



$$I(\lambda) = \frac{1}{1 + \frac{4R}{(1-R)^2} \cdot \sin^2\left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot n_{\text{cavité}} \cdot e\right)}$$

$n_{\text{cavité}}$  est l'indice intra-cavité pris égal à l'unité dans le cas de deux miroirs dans l'air et  $e$  est la largeur de la cavité. La réponse en nombre d'onde  
 5  $(\sigma=1/\lambda)$  est une fonction périodique assimilable à un peigne. L'intervalle entre deux pics (ou intervalle spectral libre noté ISL) est donné par la relation :

$$\Delta\sigma = \frac{1}{2 \cdot n_{\text{cavité}} \cdot e}$$

La finesse des raies dépend de la valeur du  
 10 coefficient de réflexion des deux miroirs et leur hauteur est liée à la différence entre les deux coefficients de réflexion.

Un réseau de Bragg peut être assimilé à un miroir autour de sa longueur d'onde de résonance. Il  
 15 réfléchit une bande spectrale avec un coefficient de réflexion donné. Si l'on place deux réseaux de Bragg de même période l'un à la suite de l'autre, on crée une cavité de Fabry-Perot. Dans l'exemple d'application A on a considéré l'introduction d'un seul pic secondaire.  
 20 En ajustant la distance  $e$  entre les deux réseaux on peut introduire une série de pics dans la bande réfléchie par l'ensemble des deux réseaux.

Le fait qu'un réseau de Bragg ne soit pas un réflecteur plan, comme un miroir, mais un réflecteur  
 25 distribué sur toute sa longueur implique que l'intervalle spectral libre d'un réseau à cavité de Fabry-Pérot n'est pas constant.

On peut réaliser la cavité par sur-inscription opposée. Considérons un réseau de Bragg d'amplitude de modulation d'indice  $\Delta n_0/2$  avec un changement de phase de  $\pi$  à l'abscisse  $z=z_1$ . On note L la longueur totale du réseau initial,  $\Lambda$  la période de modulation et  $\Delta n_{\text{moy}}$  la variation finale d'indice moyen. On peut représenter ce réseau par l'équation du changement d'indice :

$$\begin{aligned}\Delta n_1(z) &= \frac{\Delta n_{\text{moy}}}{2} + \frac{\Delta n_0}{2} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{\Lambda} \cdot z\right) \quad \text{pour } 0 \leq z \leq z_1 \\ \Delta n_1(z) &= \frac{\Delta n_{\text{moy}}}{2} - \frac{\Delta n_0}{2} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{\Lambda} \cdot z\right) \quad \text{pour } z_1 \leq z \leq L\end{aligned}$$

On considère un autre réseau, identique au premier mais avec un changement de phase à l'abscisse  $z_2(z_1 \leq z_2)$ . Soit  $\Delta n_2(z)$  sa fonction représentative. On écrit la modulation d'indice qui va résulter de la somme de ces deux variations où les deux parties de réseau en opposition de phase s'annulent :

$$\Delta n(z) = \Delta n_1(z) + \Delta n_2(z) = \Delta n_{\text{moy}} + \Delta n_0 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{\Lambda} \cdot z\right) \quad \text{pour } 0 \leq z \leq z_1$$

$$\Delta n(z) = \Delta n_1(z) + \Delta n_2(z) = \Delta n_{\text{moy}} \quad \text{pour } z_1 \leq z \leq z_2$$

$$\Delta n(z) = \Delta n_1(z) + \Delta n_2(z) = \Delta n_{\text{moy}} - \Delta n_0 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{\Lambda} \cdot z\right) \quad \text{pour } z_2 \leq z \leq L.$$

Si l'on prend  $z_1 = \frac{L - e}{2}$  et  $z_2 = \frac{L + e}{2}$  on a ainsi réalisé un réseau de Bragg à cavité de Fabry-Perot.

Différentes méthodes sont déjà connues pour la fabrication d'un réseau de Bragg à cavité de Fabry-Perot en particulier par le document (9) où il est réalisé par l'inscription de deux réseaux de Bragg

successifs espacés de la longueur de la cavité. L'accord sur l'intervalle spectral et sur la position des pics est obtenu grâce à une insolation uniforme de la cavité qui modifie la valeur de l'indice de propagation dans cette zone. La méthode nécessite l'inscription du réseau à cavité de Fabry-Perot en trois étapes. Il est notamment nécessaire d'inscrire deux réseaux successifs, ce qui augmente la difficulté de réalisation.

10 L'invention permet la réalisation d'un réseau à cavité de Fabry-Pérot par une sur-inscription opposée. L'invention permettant de positionner un saut de phase de  $\pi$  dans un réseau, il suffit de placer un appareil conforme à l'invention à une certaine abscisse pendant un temps  $t_1$  puis à une autre abscisse pendant un temps  $t_2$  pour pouvoir réaliser une cavité de Fabry-Perot. Afin de déterminer la durée totale d'inscription, il est nécessaire de qualifier  $\Delta n(t)$  dans le cadre du protocole expérimental de réalisation du réseau de Bragg à cavité de Fabry-Perot.

20 On détermine tout d'abord les conditions expérimentales du réseau à cavité de Fabry-Pérot à inscrire : les longueurs  $l_1$  et  $l_2$  des deux réseaux de Bragg et leurs coefficients de réflexion  $R_1$  et  $R_2$ , la longueur de la cavité  $e$ , le type de fibre et la puissance d'insolation. Tous ces paramètres permettent de tracer le spectre grâce à une méthode matricielle (voir le document (12)) et ainsi de prévoir la forme de la réponse spectrale du réseau à cavité de Fabry-Perot.

30 Pour le calcul de l'intervalle spectral libre on a besoin de connaître la longueur de la cavité ainsi que la valeur du changement d'indice moyen. On peut procéder de la façon suivante :

On déduit  $\Delta n_0$  par la relation :

$$\Delta n_0 = \frac{\lambda_{\text{Bragg}}}{\pi \cdot \eta \cdot l_i} \cdot \arg \tanh(\sqrt{R_i}) \quad \text{avec } i=1,2$$

où  $\eta$  est le facteur de confinement de l'onde guidée dans le coeur. La longueur totale  $L$  du réseau est donnée par :  $L=l_1+e+l_2$ . A cette longueur  $L$  et à cette modulation d'indice correspond un coefficient de réflexion  $R$  donné par :

$$R = \tanh\left(\frac{\pi \cdot \Delta n_0}{\lambda_{\text{Bragg}}} \cdot \eta \cdot L\right)$$

On inscrit donc un réseau de longueur  $L$  pour avoir un coefficient de réflexion  $R$ . Soit  $t_{\text{total}}$  le temps d'insolation mesuré. Durant cette inscription la longueur d'onde de Bragg a subi un décalage  $\Delta \lambda_{\text{Bragg}}$  correspondant à l'élévation de la valeur de l'indice moyen  $\Delta n_{\text{moy}}$  :

$$\Delta n_{\text{moy}} = \frac{\Delta \lambda_{\text{Bragg}}}{2 \cdot \Lambda}$$

On peut ainsi déterminer l'intervalle spectral libre :

$$\Delta \sigma = \frac{1}{2 \cdot (n_0 + \Delta n_{\text{moy}}) \cdot e}$$

Si la valeur de l'ISL ne convient pas on a deux possibilités : soit changer  $e$  et reprendre une inscription pour déterminer la nouvelle valeur de  $t_{\text{total}}$ , soit continuer le processus et finir l'inscription par

une insolation uniforme de la cavité qui aura pour effet d'augmenter l'indice moyen.

Les temps d'insolation des deux réseaux opposés en phase sont égaux :  $t_1 = t_2 = \frac{t_{\text{total}}}{2}$ .

5 Les premiers réseaux de test peuvent être effacés par la méthode décrite plus haut. On peut maintenant inscrire le réseau à cavité Fabry-Perot. On place le saut de phase à la distance  $l_1$  du bord du réseau grâce à un appareil conforme à l'invention et on  
10 inscrit un réseau pendant un temps  $t_1$  puis on déplace la lame par translation grâce à son dispositif de support sur une distance  $e$  et on prolonge l'inscription d'un temps  $t_2$ . Le réseau de Bragg à cavité Fabry-Perot est inscrit.

15 On indique maintenant l'intérêt de l'invention pour fabriquer un tel réseau de Bragg.

1. « Flexibilité » de fabrication : on peut inscrire n'importe quelle longueur d'onde de Bragg tout comme pour le réseau à saut de phase. La longueur de la  
20 cavité, tout comme la longueur des deux réseaux, est limitée par la taille maximale d'un réseau de Bragg pouvant être inscrit par le montage interférométrique utilisé. Elle n'est pas limitée par l'appareil. Ce dernier offre la possibilité de  
25 régler la longueur de la cavité avec la précision offerte par le réglage en  $y$ . En jouant sur la durée totale d'inscription et sur la longueur relative des deux réseaux on peut choisir les coefficients de réflexion de ces réseaux. On voit donc que la  
30 plupart des paramètres sont accessibles avec une grande « flexibilité ».

2. Reproductibilité : il n'y a pas de problème de reproductibilité lié à la valeur de la longueur

d'onde des deux réseaux de Bragg puisqu'ils ont la même période. C'est un avantage par rapport aux méthodes connues.

5 D. L'invention s'applique aussi à la fabrication d'un réseau de Bragg à enveloppe de modulation d'indice particulière.

On peut écrire l'équation d'un réseau de Bragg non uniforme sous la forme :

$$\Delta n(z) = \Delta n_{\text{moy}}(z) + \Delta n_{\text{mod}}(z) \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi}{\Lambda} \cdot z\right)$$

10  $\Delta n_{\text{moy}}(z)$  est la répartition d'indice moyen(en fonction de l'abscisse  $z$ ),  $\Delta n_{\text{mod}}(z)$  est l'enveloppe de modulation d'indice du réseau de Bragg et  $\Lambda$  est la période de la modulation.

15 La réalisation de réseaux non uniformes permet d'obtenir des composants plus évolués. Il est par exemple souvent souhaitable d'effectuer une apodisation des réseaux. Un réseau apodisé présente dans son spectre de transmission des rebonds très réduits autour du pic central ce qui en fait un  
20 composant particulièrement intéressant pour tous types d'applications.

Considérons maintenant le principe de la sur-inscription déphasée dynamique : on reprend ici le principe de base présenté dans les exemples  
25 d'application B et C (inscriptions successive de deux réseaux avec des parties en opposition de phase) à la différence près que la sur-inscription se fait sur des temps variables et pour un positionnement et une valeur du saut de phase variables. Analytiquement cela revient

à considérer une croissance de réseau définie par la relation :

$$\Delta n(z, T) = \int_0^T \left[ a(z, t) + b(z, t) \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{\Lambda} \cdot z + \Phi(z, t)\right) \right] \cdot dt$$

avec  $a(z, t) = \frac{\partial \Delta n_{\text{moy}}}{\partial t}(z, t)$  et  $b(z, t) = \frac{\partial \Delta n_{\text{mod}}}{\partial t}(z, t)$  .

5  $a(z, t)$  caractérise la cinétique de croissance du changement d'indice moyen dans le réseau, dépend de nombreux paramètres (par exemple puissance d'insolation et type de fibre) et peut être déterminé par l'étude de l'évolution  
10 de la longueur d'onde de Bragg lors de l'inscription d'un réseau de test.

$b(z, t)$  caractérise la cinétique de croissance de l'enveloppe de modulation de l'indice dans le réseau, dépend de nombreux paramètres et peut  
15 être déterminé par l'étude de l'évolution du coefficient de réflexion maximal lors de l'inscription d'un réseau de test.

$\Phi(z, t)$  est la fonction définie par le positionnement et l'inclinaison de la lame ou des lames. C'est  
20 une fonction par paliers.

L'évolution de l'indice moyen n'est pas modifiable avec l'invention. On s'intéresse donc uniquement à la valeur de la modulation de l'indice

25 
$$\Delta n_{\text{per.}}(z, T) = \int_0^T b(z, t) \cdot \cos\left[\frac{2\pi}{\Lambda} \cdot z + \Phi(z, t)\right] \cdot dt.$$

On peut écrire :

$$\Delta n_{\text{per}}(z, T) = \left\{ \int_0^T [b(z, t) \cdot \cos(\Phi(z, t))] \cdot dt \right\} \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi}{\Lambda} \cdot z\right) - \left\{ \int_0^T [b(z, t) \cdot \sin(\Phi(z, t))] \cdot dt \right\} \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{\Lambda} \cdot z\right)$$

On voit que ce terme de modulation est la somme de deux modulations d'amplitudes déterminées par la fonction  $\Phi(z, t)$ . On donne un cas particulier d'application lorsque  $\Phi$  prend pour valeur 0 ou  $\pi$ . On considère d'abord une sur-inscription opposée dynamique à saut unique. On définit :

$$\Phi(z, t) = \pi \quad \text{si} \quad 0 \leq z \leq z_{\pi}(t)$$

$$\Phi(z, t) = 0 \quad \text{si} \quad z_{\pi}(t) \leq z \leq L \quad (L : \text{longueur du réseau de Bragg}).$$

La fonction  $z_{\pi}(t)$  définit le mouvement du saut de phase. La croissance du réseau à l'abscisse  $z$  est fonction du temps respectif de modulation déphasée ( $t_{\pi}(z)$ ) ou non déphasée ( $t_0(z)$ ) que voit cette partie élémentaire du réseau. On note  $T$  la durée totale de l'inscription. On note  $\Delta n_{\text{mod}}^T(z)$  l'amplitude de modulation d'indice finale du réseau à l'abscisse  $z$ . On peut écrire :

$$\Delta n_{\text{mod}}^T(z) = \left| \int_0^{t_0(z)} b(z, t) \cdot dt - \int_{t_0(z)}^T b(z, t - t_0(z)) \cdot dt \right|$$

On définit  $A(z)$  la fonction normée d'enveloppe de modulation :  $\Delta n_{\text{mod}}^T(z) = \Delta n_0 \cdot A(z)$ . D'une manière générale on note  $A_0$  la valeur minimale de cette fonction.  $A(z)$  est la fonction que l'on cherche à obtenir dans le réseau. Pour cela, la connaissance de la cinétique de croissance de la modulation d'indice est nécessaire. Par hypothèse on supposera cette



fonction de croissance connue et indépendante de l'abscisse dans le réseau. On pose :

$$\Delta n_{\text{mod}}(t_0) = \int_0^{t_0} b(t) . dt$$

d'où :

$$5 \quad A(z) = \left| \frac{\Delta n_{\text{mod}}(T - t_0(z))}{\Delta n_0} - \frac{\Delta n_{\text{mod}}(t_0(z))}{\Delta n_0} \right|$$

Dans la pratique, deux cas sont possibles et correspondent à deux choix de mouvement du saut de phase (déplacement puis repos ou l'inverse). Ces deux mouvements donnent un résultat identique.

10 On considère maintenant le cas :

$$A(z) = \frac{\Delta n_{\text{mod}}(T - t_0(z))}{\Delta n_0} - \frac{\Delta n_{\text{mod}}(t_0(z))}{\Delta n_0}$$

Ce choix définit l'intervalle temporel de mouvement du saut de phase :

15  $A(z) \geq A_0$  implique  $\Delta n_{\text{mod}}(t_0(z)) \leq \Delta n_{\text{mod}}(T - t_0(z)) - \Delta n_0 \times A_0$  ce qui implique  $t_0(z) \leq t_{\text{sup}}$

$A(z) \leq 1$  implique  $\Delta n_{\text{mod}}(t_0(z)) \geq \Delta n_{\text{mod}}(T - t_0(z)) - \Delta n_0$  ce qui implique  $t_0(z) \geq t_{\text{inf}}$ .

On en déduit :

$$\begin{aligned} z_{\pi}(t) &= A^{-1}(1) && \text{pour } 0 \leq t \leq t_{\text{inf}} \\ 20 \quad z_{\pi}(t) &= A^{-1} \left[ \frac{\Delta n_{\text{mod}}(T - 1)}{\Delta n_0} - \frac{\Delta n_{\text{mod}}(t)}{\Delta n_0} \right] && \text{pour } t_{\text{inf}} \leq t \leq t_{\text{sup}} \\ z_{\pi}(t) &= A^{-1}(A_0) && \text{pour } t_{\text{sup}} \leq t \leq T. \end{aligned}$$

On voit donc que la réalisation d'une modulation d'indice suivant la fonction  $A(z)$  dans le

cas d'une méthode à sur-inscription opposée dynamique à saut unique ne peut se faire que dans le cas où  $A(z)$  est une fonction inversible.

Si  $A(z)$  n'est pas définie sur un intervalle  
 5 de bijection une autre méthode doit être appliquée. Il faut découper cet intervalle en parties de bijection. Le nombre de sauts de phase à placer dans le faisceau est alors égal au nombre d'intervalles de bijection.

Soit  $N$  le nombre de bijections, soit  $i$  le  
 10 numéro de l'intervalle de bijection de  $A(z)[z_{i-1}; z_i]$ .

On définit  $\Delta n_0^i$  :  $\Delta n_0^i = \max(\Delta n_0 \cdot A(z))$  dans  $[z_{i-1}; z_i]$  et  
 $A_i(z)$  : application de  $[0; z_i - z_{i-1}]$  dans  $[0; 1]$  qui à  $z$   
 associe  $\frac{\Delta n_0}{\Delta n_0^i} \cdot A(z_{i-1} + z)$ .

Ce problème se résout de la même manière  
 15 que dans le cas du saut unique. Il faut pour cela déterminer le mouvement des  $N$  sauts de phase en appliquant les formules à une série de fonctions  $z_\pi^i(t)$  définies par rapport à chaque origine  $z_{i-1}$ . Quelle que soit la forme de  $A(z)$ , la méthode de sur-inscription  
 20 opposée dynamique à sauts multiples permet donc la réalisation du réseau correspondant.

Considérons maintenant la réalisation d'une  
 enveloppe de modulation d'indice particulière grâce à l'invention. La translation en  $y$  du dispositif de  
 25 support de lame permet le positionnement du saut de phase en n'importe quel endroit du réseau. Un moteur commandé par un logiciel permet donc d'assurer le mouvement  $z_\pi(t)$  et ainsi d'induire une modification sur l'enveloppe de modulation de l'indice du réseau.

Au cas où la fonction  $A(z)$  n'est pas définie sur un intervalle de bijection il est possible de placer une série de dispositifs munis de lames les uns à la suite des autres pour réaliser la modification par la méthode des sauts multiples. De même que pour un dispositif unique de support, la commande des différents moteurs permet la réalisation du composant. Cette réalisation nécessite la connaissance précise de la fonction de croissance du réseau :  $\Delta n_{\text{mod}}(t)$ . Cette connaissance peut se faire par l'étude d'un réseau de test dont on mesure l'évolution du facteur de réflexion par rapport au temps. Cette mesure doit se faire à la même puissance que celle utilisée ultérieurement pour la réalisation du réseau de forme  $A(z)$ . On déduit la fonction recherchée par la relation :

$$\Delta n_{\text{mod}}(t) = \frac{\lambda_{\text{Bragg}}}{\pi \cdot \eta \cdot L} \cdot \arg \tanh(\sqrt{R(t)})$$

(voir plus haut l'inscription d'un réseau de Bragg à cavité de Fabry-Perot).

D'une manière plus simple on peut aussi réaliser une approximation de la fonction  $A(z)$  en supposant la croissance de l'indice de modulation linéaire par rapport au temps. Dans ce cas la formulation des équations en est grandement facilitée.

On indique maintenant l'intérêt de l'invention pour la fabrication d'un réseau de Bragg ayant une enveloppe de modulation d'indice particulière.

1. « Flexibilité » de fabrication : on peut inscrire un réseau de Bragg de période spatiale constante ou variable (« chirp ») à n'importe quelle longueur d'onde de Bragg et n'importe quelle allure

d'enveloppe de modulation d'indice ou d'indice moyen, à condition de placer de manière appropriée un nombre suffisant de dispositifs de support munis de lames de phase.

- 5 2. Facilité de mise en oeuvre : la réalisation du réseau est simple. Il suffit de mesurer la fonction de croissance d'un réseau à une puissance donnée, puis d'inverser la fonction  $A(z)$  à réaliser. Chaque dispositif de support de lame muni de son logiciel  
10 de commande gère alors le déplacement de la lame correspondante.

Il convient de noter que la fonction de croissance de l'indice de modulation par rapport au temps peut être déterminée de manière expérimentale.

- 15 On donne maintenant quelques exemples d'applications.  
Pour les exposer facilement on considère le cas de l'approximation linéaire :  $\Delta n_{\text{mod}}(t) = a.t$ .

- a) On peut chercher à inscrire un réseau avec une enveloppe de modulation linéaire du genre de  
20 la figure 16. Dans le cas de l'approximation linéaire on définit le mouvement du saut de phase de la façon suivante :

$$z_{\pi}(t) = \frac{2.L}{T} . t \text{ pour } 0 \leq t \leq \frac{T}{2} \text{ et } z_{\pi}(t) = L \text{ pour } \frac{T}{2} \leq t \leq T.$$

- b) On peut chercher à apodiser un réseau de  
25 Bragg. On choisit une enveloppe de forme gaussienne :

$$A(z) = \exp[-(z-L/2)^2 / (L/N)^2]$$

- Le réseau a alors la forme donnée à la figure 17 lorsque  $N=4$ . Une telle forme permet d'apodiser le réseau ou plus précisément sa réponse  
30 spectrale. Dans le spectre de réflexion de ce réseau

les lobes secondaires sont réduits par rapport à un réseau classique.

Dans l'exemple considéré,  $A(z)$  n'est pas défini sur un intervalle de bijection. On définit donc  
5 deux fonctions :

Intervalle 1 :  $[0; L/2]$  :

$$A_1(z) = \exp[-(z - L/2)^2 / (L/N)^2] \text{ pour } z \text{ appartenant à } [0; L/2]$$

$$A_0^1 = 0$$

$$An_0^1 = \Delta n_{\text{mod}}(T)$$

10 Intervalle 2 :  $[L/2; L]$  :

$$A_1(z) = \exp[-(z^2 / L/N)^2] \text{ pour } z \text{ appartenant à } [0; L/2]$$

$$A_0^2 = 0$$

$$An_0^2 = \Delta n_{\text{mod}}(T)$$

On en déduit le mouvement des deux sauts de  
15 phase :

Intervalle 1 :

$$z_\pi^1(t) = \frac{L}{2} \cdot \left[ 1 - \frac{2}{N} \cdot \sqrt{\ln\left(\frac{T}{T - 2 \cdot t}\right)} \right] \quad \text{pour } 0 \leq t < \frac{T}{2}$$

$$z_\pi^1(t) = 0 \quad \text{pour } \frac{T}{2} \leq t \leq T$$

Intervalle 2 :

$$20 \quad z_\pi^2(t) = \frac{L}{2} \cdot \left[ 1 + \frac{2}{N} \cdot \sqrt{\ln\left(\frac{T}{T - 2 \cdot t}\right)} \right] \quad \text{pour } 0 \leq t < \frac{T}{2}$$

$$z_\pi^2(t) = L \quad \text{pour } \frac{T}{2} \leq t \leq T$$

Les documents cités dans la présente description sont les suivants :

- 5 (1) C.G. Askins, T.-E. Tsai, G.M. Williams, M.A. Putnam, M. Bashkansky et E.J. Friebele, « Fiber Bragg reflectors prepared by a single excimer pulse », Optics Letters, 17, 11, (1992), pp.833-835
- 10 (2) F. Bilodeau, K.O. Hill, B. Malo, D.C. Johnson et J. Albert, « High-return-loss narrowband all-fiber bandpass Bragg transmission filter », IEEE Phot. Tech. Lett, 6, 1, (1994), pp.80-82
- (3) I. Baumann, J. Seifert, W. Nowak et M. Sauer, « Compact all-fiber Add-Drop-Multiplexer using Fiber Bragg Gratings », IEEE Phot. Tech. Lett., 8, 10, (1996), pp.1331-1333
- 15 (4) C.H. Henry, Y. Shani, R.C. Kistler, T.E. Jewell, V. Pol, N.A. Olsson, R.F. Kazarinov, K.J. Orlowsky, « Compound Bragg reflection filters made by spatial frequency doubling lithography », J. Lightwave Technol., 7, 9, (1989), pp.1379-1385
- 20 (5) K.O. Hill, D.C. Johnson, F. Bilodeau et S. Faucher, « Narrow-bandwidth optical waveguide transmission filters », Electron. lett., 23, 9, (1987), pp.465-466
- 25 (6) R. Kashyap, G.D. Maxwell et B.J. Ainslie, « Laser-trimmed four-port bandpass filter fabricated in single-mode photosensible Ge-doped planar waveguide », IEEE Phot. Tech. Lett., 5, 2, (1993), pp.191-194
- 30 (7) R. Kashyap, P.F. McKee et D. Armes, « UV written reflection grating structures in photosensitive

- optical fibres using phase-shifted phase masks », Electron. Lett., 30, 23, (1994), pp.1977-1978
- (8) S. Legoubin, M. Douay, P. Bernage, P. Niay, J.F. Bayon et T. Georges, « Photoinscription de filtres de Bragg dans des fibres dopées à l'oxyde de germanium », J. Optics., 23, 4, (1992), pp.143-156
- (9) S. Legoubin, M. Douay, P. Bernage, P. Niay, J.F. Bayon, T. Georges, J. Opt. Soc. Am., A12, (1995), p.1687
- (10) G. Meltz, W.W. Morey et W.H. Glenn, « Formation of Bragg gratings in optical fibers by a transverse holographic method », Optics Letters, 14, (1989), pp.823-825
- (11) I. Riant, p. Sansonetti, H. Fevrier, S. Artigaud, « Réalisation d'un filtre de Bragg photo-inscrit dans une fibre optique à l'aide d'un montage interférométrique constitué d'un miroir unique », Communication aux JNOG, (1993), Marseille, Session 2.
- (12) M. Yamada et K. Sakuda, « Analysis of almost-periodic distributed feedback slab waveguides via a fundamental matrix approach », Applied Optics, 26, 16, (1987), pp.3474-3478.
- (13) R. Zengerle et O. Leminger, « Phase-shifted Bragg-Grating Filters with Improved Transmission Characteristics », J. Lightwave Technol., 13, 12, (1995), pp.2354-2358.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé d'inscription, dans un substrat transparent (36) formant guide de lumière, notamment dans une fibre optique, d'un réseau de Bragg formant un  
5 filtre spectral vis-à-vis d'une onde lumineuse qui le traverse, procédé selon lequel on transfère directement dans le substrat, par un phénomène de photosensibilité utilisé au sein même dudit substrat, la figure des interférences entre deux faisceaux lumineux (28, 30)  
10 angulairement décalés, de même longueur d'onde et cohérents, cette figure d'interférences étant transférée, dans le substrat, sous la forme d'une modulation d'indice de réfraction de ce substrat, ce procédé étant caractérisé en ce que au moins l'un  
15 desdits faisceaux lumineux est divisé en au moins deux sous-faisceaux présentant un décalage de phase l'un par rapport à l'autre.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la figure des interférences est transférée selon  
20 une configuration à séparation d'amplitude.

3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la figure des interférences est transférée selon une configuration à séparation du front d'onde.

4. Procédé selon l'une quelconque des  
25 revendications 1 à 3, dans lequel on modifie au cours du temps la position du décalage de phase ou la valeur de ce décalage de phase ou la position et la valeur de ce décalage de phase dans le faisceau lumineux formé par les deux sous-faisceaux.

30 5. Appareil pour la mise en oeuvre du procédé d'inscription selon la revendication 1, cet appareil étant caractérisé en ce qu'il comprend :



- au moins une lame de phase (42) apte à créer, entre au moins deux sous-faisceaux, un décalage de phase grâce à une différence de chemin optique, et
- un moyen (61) de réglage de la position de la lame de phase, ce moyen de réglage ayant au moins deux degrés de liberté, l'un étant un degré de liberté angulaire prévu pour régler la valeur du décalage de phase et l'autre étant un degré de liberté de translation prévu pour régler la position du décalage de phase dans le faisceau lumineux formé par les deux sous-faisceaux.

6. Appareil selon la revendication 5, comprenant en outre des moyens interférométriques à deux ou trois miroirs (32, 34) pour le transfert de la figure des interférences selon une configuration à séparation d'amplitude.

7. Appareil selon la revendication 5, comprenant en outre des moyens interférométriques à prisme (46) ou à miroir replié de Lloyd (64) pour le transfert de la figure des interférences selon une configuration à séparation du front d'onde.

8. Réseau de Bragg à saut de phase et haute sélectivité spectrale obtenu par le procédé selon la revendication 1, le décalage de phase que présentent les deux sous-faisceaux étant avantageusement égal à  $\pi$ .

9. Réseau de Bragg obtenu par le procédé selon la revendication 1, ce réseau de Bragg étant identique à un réseau de Bragg pré-inscrit et étant inscrit sur ce dernier, à la même position, avec un changement de phase de  $\pi$  sur toute la longueur du réseau pré-inscrit, pour effacer ce dernier en totalité ou en partie afin d'obtenir un coefficient de réflexion donné.

10. Cavity de Fabry-Pérot délimitée par deux réseaux de Bragg spatialement espacés, ces deux réseaux de Bragg étant obtenus par le procédé selon la revendication 1.

5 11. Réseau de Bragg à enveloppe de modulation d'indice déterminée, notamment réseau de Bragg apodisé, obtenu par le procédé selon la revendication 1 par inscriptions successives de deux  
10 réseaux de Bragg comprenant des parties en opposition de phase, la sur-inscription d'un réseau de Bragg sur l'autre se faisant durant des temps variables, pour un positionnement variable du décalage de phase et pour une valeur variable de ce dernier.

12. Réseau de Bragg selon la revendication  
15 11, la position du décalage de phase étant déplacée avec un mouvement programmable.

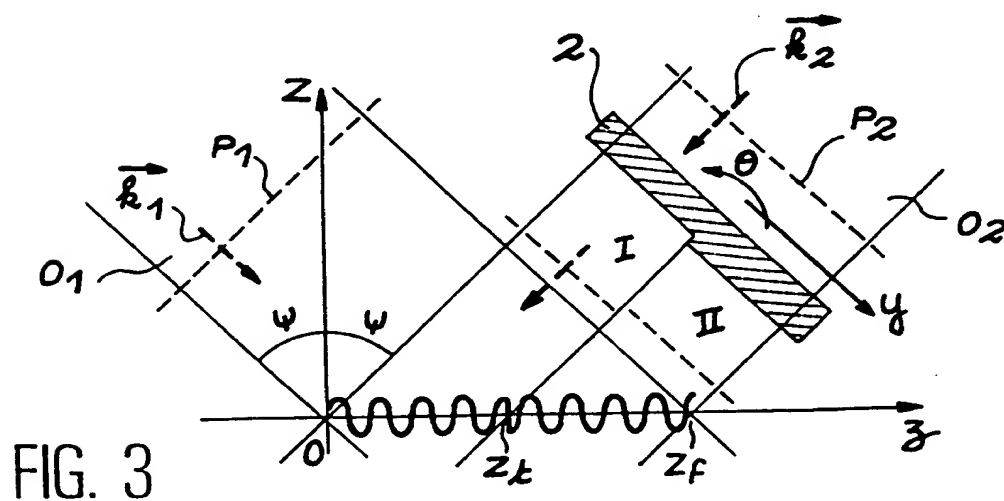
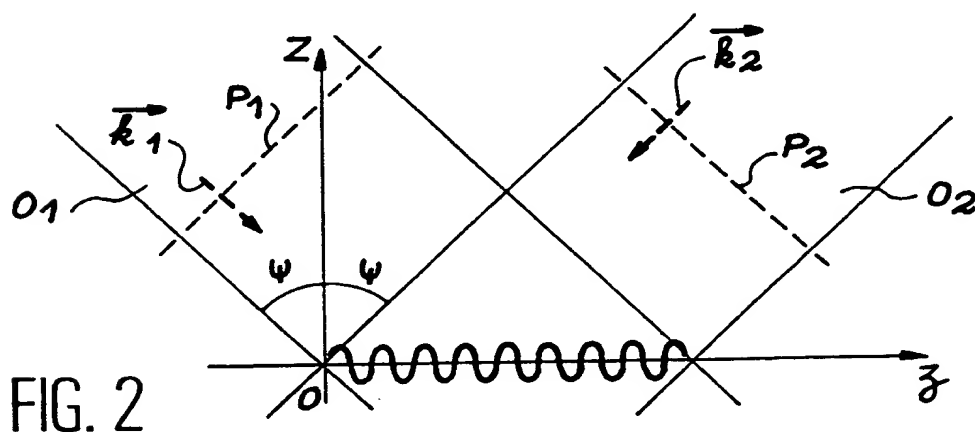
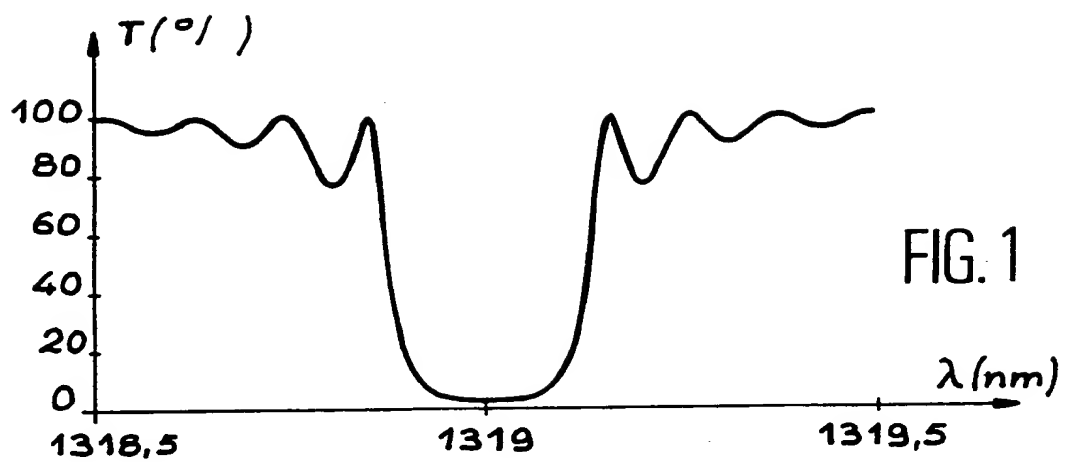




FIG. 4

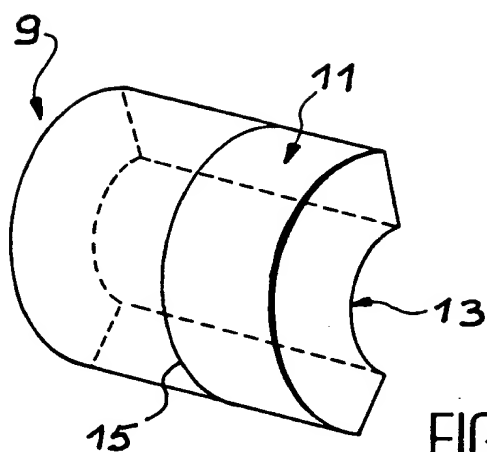
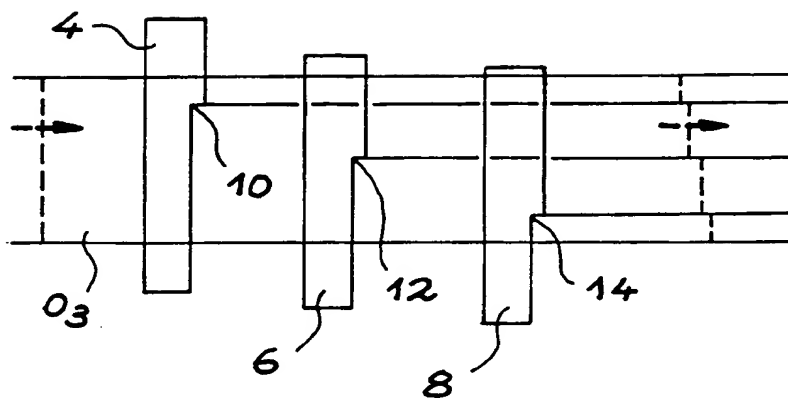


FIG. 5

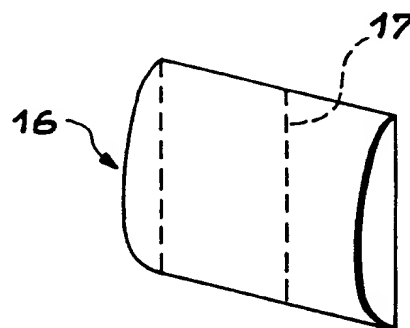


FIG. 6

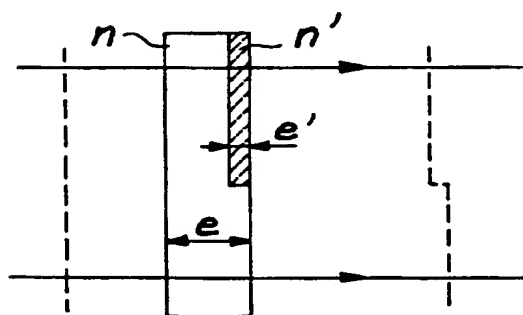
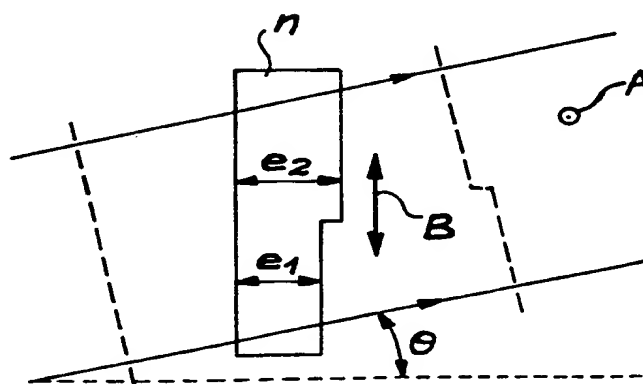


FIG. 7

FIG. 8





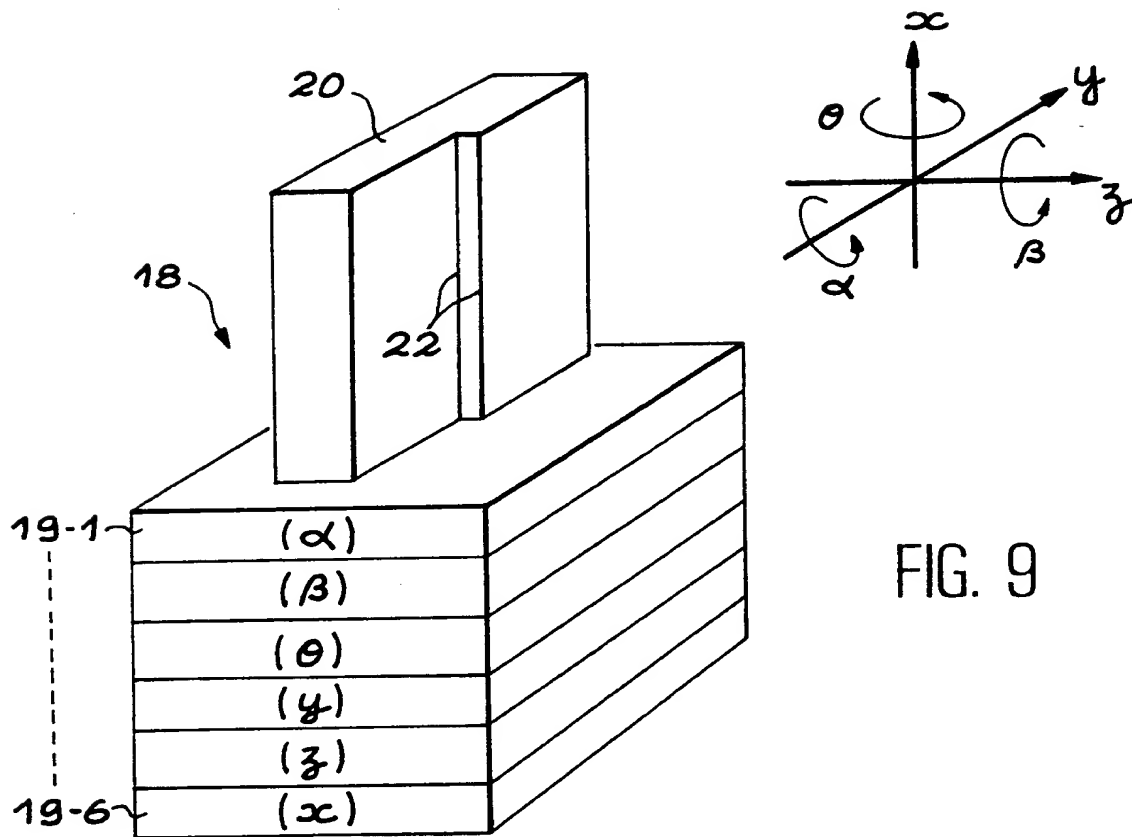


FIG. 9

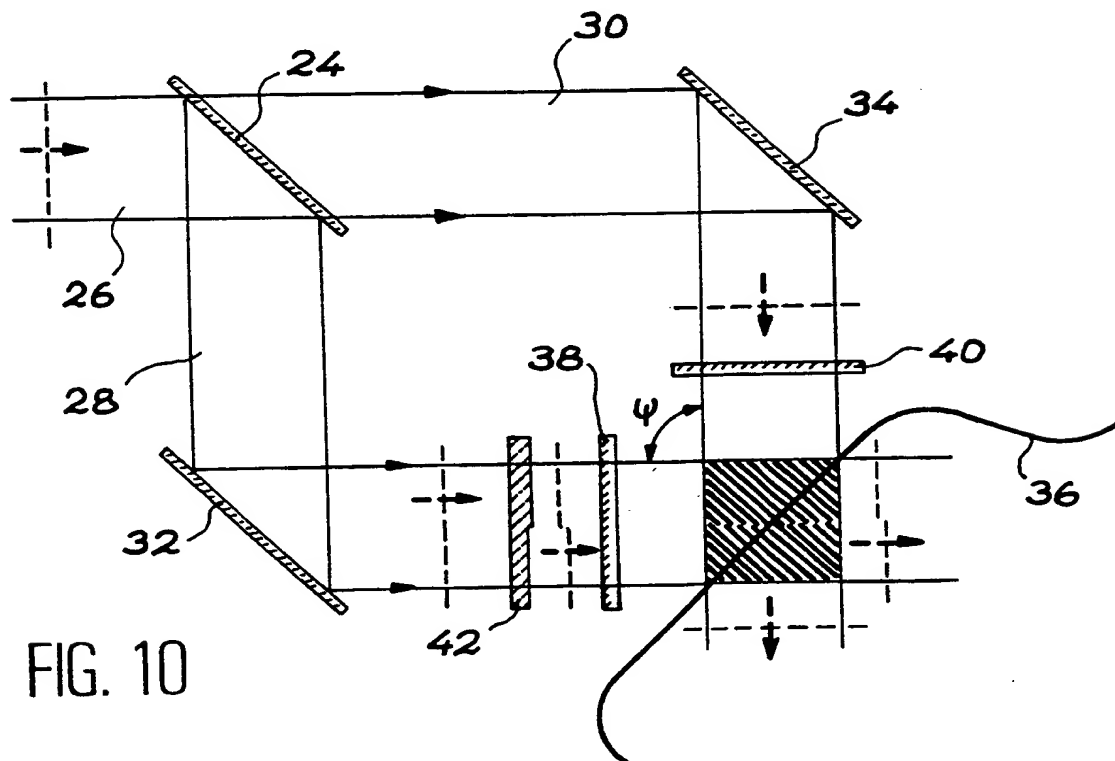


FIG. 10





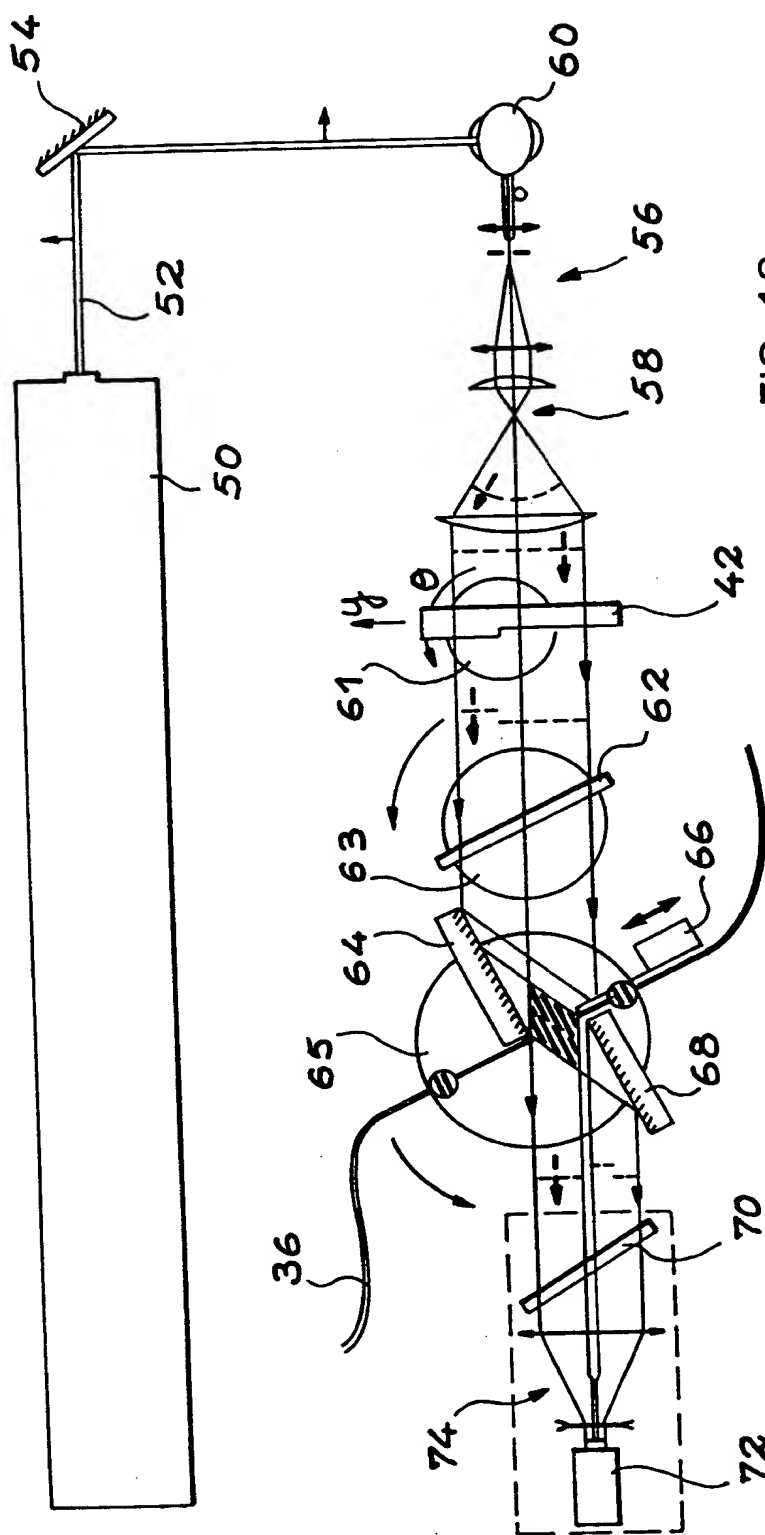
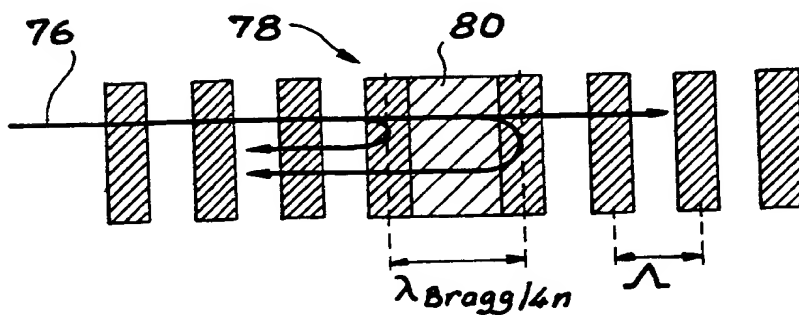
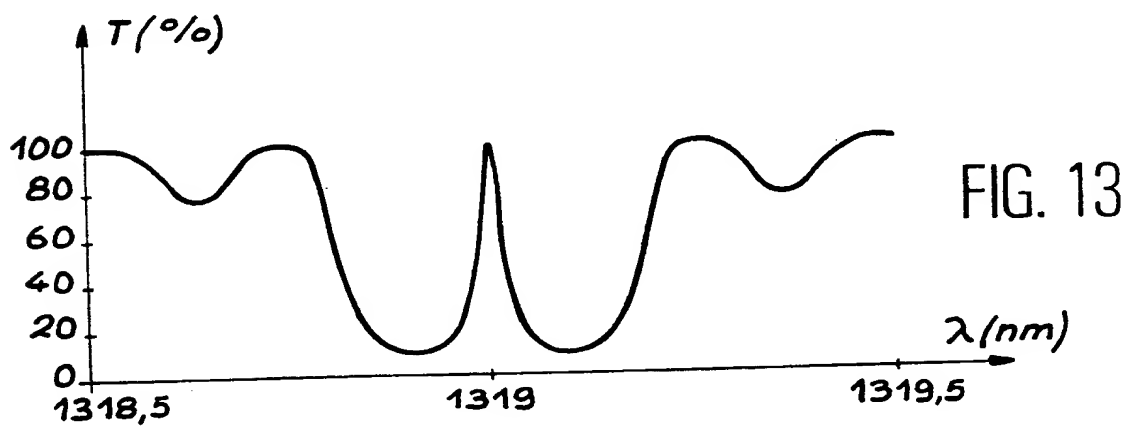
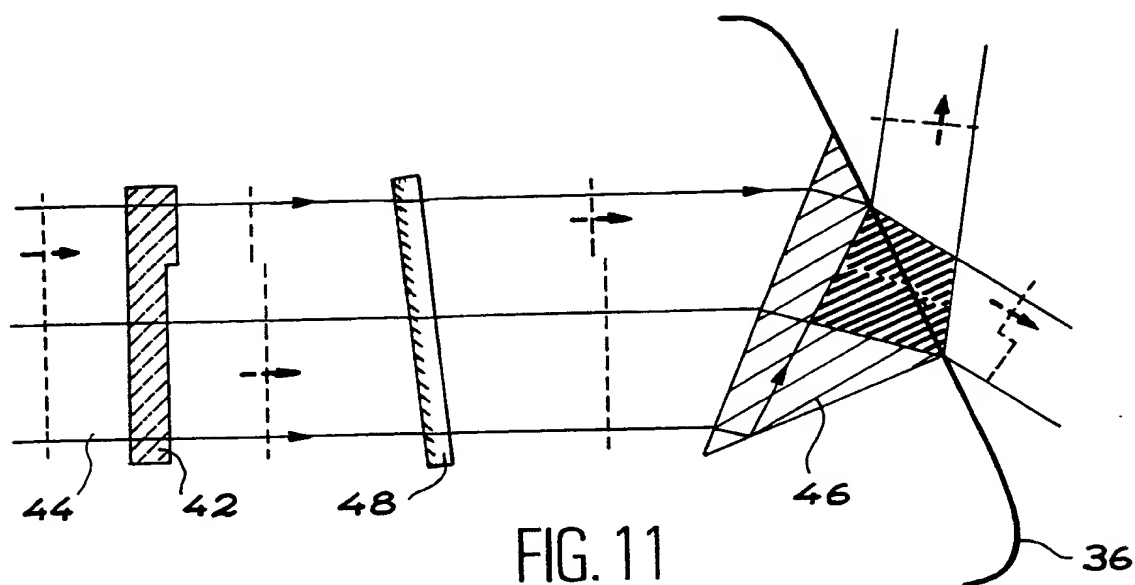


FIG. 12







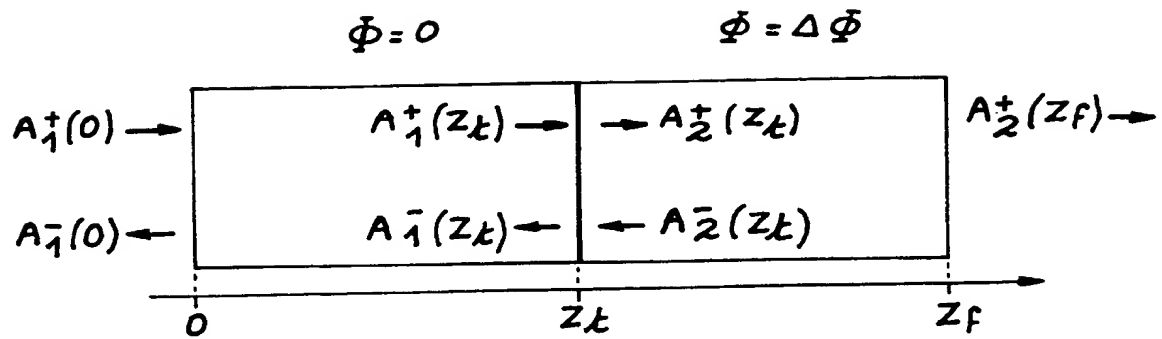


FIG. 15

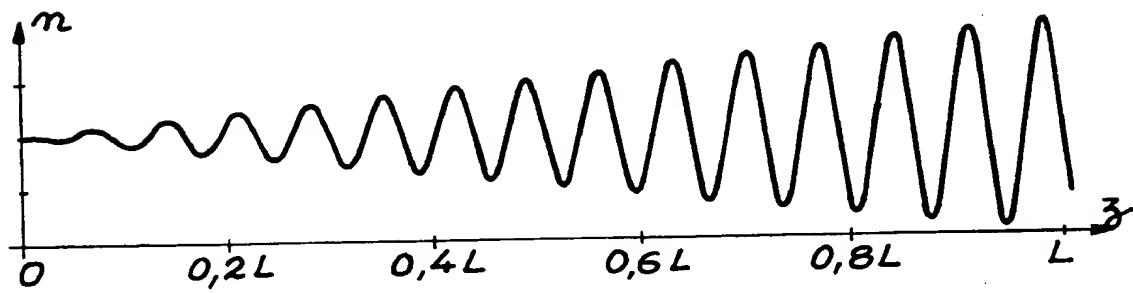


FIG. 16

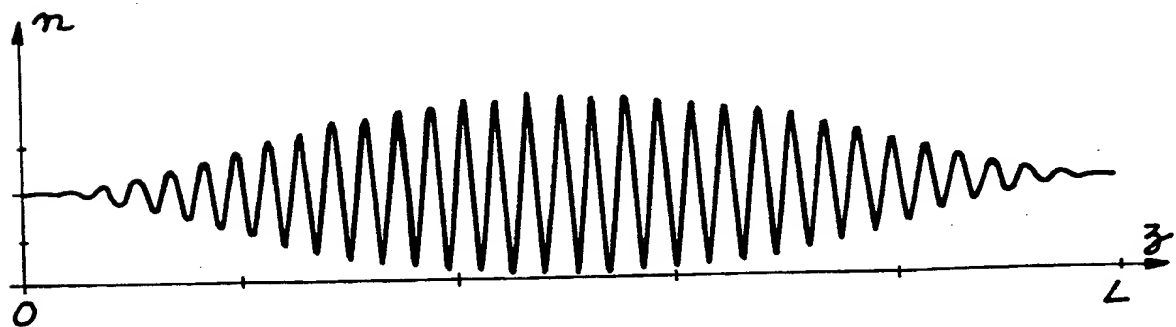


FIG. 17



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In: tional Application No

PCT/FR 99/01119

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 6 G02B6/16 G02B6/12 G03F7/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G02B G03F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0 188 919 A (SHARP KK) 30 July 1986 (1986-07-30) page 5, line 6 - page 7, line 20; figures 1-3	1-3,7,8
A	-----	5-7,9-11
Y	US 5 629 998 A (COOK THOMAS A ET AL) 13 May 1997 (1997-05-13) column 2, line 43 - line 65; figure 1	1-3,7,8
X	-----	1,2,8
	US 4 792 197 A (INOUE HIROAKI ET AL) 20 December 1988 (1988-12-20) column 3, line 28 - column 4, line 42; figures 4,5	
A	-----	3,7
	EP 0 552 028 A (HUGHES AIRCRAFT CO) 21 July 1993 (1993-07-21) abstract; figure 1	
	----- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 July 1999

Date of mailing of the international search report

21/07/1999

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

von Moers, F

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l. Application No

PCT/FR 99/01119

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 604 039 A (AT & T CORP) 29 June 1994 (1994-06-29) abstract; figures 1-3 ---	4,12
A	WO 97 44692 A (HARVARD COLLEGE) 27 November 1997 (1997-11-27) page 16, line 22 - line 32; figure 3 ---	5
A	EP 0 226 728 A (AMERICAN TELEPHONE & TELEGRAPH) 1 July 1987 (1987-07-01) abstract; figure 1 ---	9
A	WO 97 22023 A (BRITISH TELECOMM ; KASHYAP RAMAN (GB)) 19 June 1997 (1997-06-19) page 9, line 26 - page 10, line 19; figures 5,11,12 -----	11



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

Int. Patent Application No

PCT/FR 99/01119

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0188919 A	30-07-1986	JP 61156003 A US 4806454 A US 4997747 A	15-07-1986 21-02-1989 05-03-1991
US 5629998 A	13-05-1997	AU 2921297 A CA 2215662 A EP 0817981 A JP 11503536 T WO 9727506 A	20-08-1997 31-07-1997 14-01-1998 26-03-1999 31-07-1997
US 4792197 A	20-12-1988	JP 1951043 C JP 6072962 B JP 62019803 A	10-07-1995 14-09-1994 28-01-1987
EP 0552028 A	21-07-1993	US 5238531 A IL 104266 A JP 2723438 B JP 5259575 A	24-08-1993 28-11-1994 09-03-1998 08-10-1993
EP 0604039 A	29-06-1994	US 5363239 A DE 69323707 D EP 0631158 A JP 6230208 A US 5636304 A US 5712715 A US 5694248 A	08-11-1994 08-04-1999 28-12-1994 19-08-1994 03-06-1997 27-01-1998 02-12-1997
WO 9744692 A	27-11-1997	AU 3957197 A EP 0900398 A	09-12-1997 10-03-1999
EP 0226728 A	01-07-1987	US 4750801 A CA 1274411 A JP 62083705 A US 4826282 A	14-06-1988 25-09-1990 17-04-1987 02-05-1989
WO 9722023 A	19-06-1997	CA 2239730 A EP 0866989 A CA 2241544 A EP 0875013 A WO 9726570 A	19-06-1997 30-09-1998 24-07-1997 04-11-1998 24-07-1997



# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De: le Internationale No

PCT/FR 99/01119

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 6 G02B6/16 G02B6/12 G03F7/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 6 G02B G03F

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	EP 0 188 919 A (SHARP KK) 30 juillet 1986 (1986-07-30)	1-3,7,8
A	page 5, ligne 6 - page 7, ligne 20; figures 1-3	5-7,9-11
Y	US 5 629 998 A (COOK THOMAS A ET AL) 13 mai 1997 (1997-05-13)	1-3,7,8
X	colonne 2, ligne 43 - ligne 65; figure 1	
X	US 4 792 197 A (INOUE HIROAKI ET AL) 20 décembre 1988 (1988-12-20)	1,2,8
	colonne 3, ligne 28 - colonne 4, ligne 42; figures 4,5	
A	EP 0 552 028 A (HUGHES AIRCRAFT CO) 21 juillet 1993 (1993-07-21)	3,7
	abrégé; figure 1	
	-/-	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

13 juillet 1999

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

21/07/1999

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

von Moers, F

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De de Internationale No

PCT/FR 99/01119

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 0 604 039 A (AT & T CORP) 29 juin 1994 (1994-06-29) abrégé; figures 1-3 ---	4,12
A	WO 97 44692 A (HARVARD COLLEGE) 27 novembre 1997 (1997-11-27) page 16, ligne 22 - ligne 32; figure 3 ---	5
A	EP 0 226 728 A (AMERICAN TELEPHONE & TELEGRAPH) 1 juillet 1987 (1987-07-01) abrégé; figure 1 ---	9
A	WO 97 22023 A (BRITISH TELECOMM ; KASHYAP RAMAN (GB)) 19 juin 1997 (1997-06-19) page 9, ligne 26 - page 10, ligne 19; figures 5,11,12 -----	11

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

De le internationale No

PCT/FR 99/01119

Document br v t cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0188919 A	30-07-1986	JP 61156003 A	15-07-1986
		US 4806454 A	21-02-1989
		US 4997747 A	05-03-1991
US 5629998 A	13-05-1997	AU 2921297 A	20-08-1997
		CA 2215662 A	31-07-1997
		EP 0817981 A	14-01-1998
		JP 11503536 T	26-03-1999
		WO 9727506 A	31-07-1997
US 4792197 A	20-12-1988	JP 1951043 C	10-07-1995
		JP 6072962 B	14-09-1994
		JP 62019803 A	28-01-1987
EP 0552028 A	21-07-1993	US 5238531 A	24-08-1993
		IL 104266 A	28-11-1994
		JP 2723438 B	09-03-1998
		JP 5259575 A	08-10-1993
EP 0604039 A	29-06-1994	US 5363239 A	08-11-1994
		DE 69323707 D	08-04-1999
		EP 0631158 A	28-12-1994
		JP 6230208 A	19-08-1994
		US 5636304 A	03-06-1997
		US 5712715 A	27-01-1998
		US 5694248 A	02-12-1997
WO 9744692 A	27-11-1997	AU 3957197 A	09-12-1997
		EP 0900398 A	10-03-1999
EP 0226728 A	01-07-1987	US 4750801 A	14-06-1988
		CA 1274411 A	25-09-1990
		JP 62083705 A	17-04-1987
		US 4826282 A	02-05-1989
WO 9722023 A	19-06-1997	CA 2239730 A	19-06-1997
		EP 0866989 A	30-09-1998
		CA 2241544 A	24-07-1997
		EP 0875013 A	04-11-1998
		WO 9726570 A	24-07-1997

